



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Elèctrica

**DISSENY D'UNA BANCADA D'ASSAIG DE MOTORS
ELÈCTRICS AMB ACOBLAMENT ELÈCTRIC I MECÀNIC
D'UN GENERADOR AMB LA FINALITAT DE REDUIR EL
CONSUM ENERGÈTIC DE LA XARXA**



Memòria i Annexos

Autor: Francesc Vayreda i Calbó

Director: Ramon Bargalló Perpiñà

Departament: Enginyeria Elèctrica

Convocatòria: Gener 2018

Pàgina deixada en blanc expressament

Resum

El present projecte descriu els elements i paràmetres necessaris per tal de dimensionar el disseny d'una bancada de proves de motors elèctrics capaç d'assajar màquines elèctriques amb les pautes establertes i tot d'acord amb la normativa. L'objectiu se centra en un disseny que permet acoblar elèctricament i mecànicament el motor que s'estudia a un segon motor que actua com a fre. Aquest segon, propicia la realització dels tests necessaris per a extreure els valors que descriuen el primer motor, tot mitjançant un control complet sobre el parell de l'equip de frenat. La finalitat de l'acoblament és principalment regenerar l'energia que en cas d'un fre convencional es perd en forma de calor. Com a resultat, el motor que s'assaja consumeix la diferència entre l'energia que prové de la xarxa menys l'energia que el fre genera i, com a conseqüència, s'acaba reduint significativament el consum elèctric a l'hora de realitzar aquestes proves. Gràcies als avantatges econòmics i la poca complexitat tècnica de la planta, es tracta d'una bancada de proves molt útil, tant en una indústria de màquines elèctriques com en un laboratori destinat a l'ús docent i/o acadèmic, on el subministrament elèctric és limitat.

Resumen

El presente proyecto describe los elementos y parámetros necesarios para dimensionar el diseño de una bancada de pruebas de motores eléctricos preparada para ensayar máquinas eléctricas de acuerdo con la normativa y las pautas establecidas. El objetivo se centra principalmente en un diseño que permite acoplar eléctrica y mecánicamente el motor que se ensaya a un segundo motor que actúa como freno. Dicho motor, propicia la realización de los tests necesarios con fin de extraer los valores que mejor describen al primer motor mediante un control directo sobre el par del equipo de frenado. La finalidad del acoplamiento es principalmente regenerar la energía que en caso de un freno convencional se pierde en forma de calor. Como resultado, el motor que se ensaya consume la diferencia entre la energía que proviene de la red menos la energía que el freno genera, y consecuentemente, se reduce significativamente el consumo eléctrico a la hora de realizar dichas pruebas. Gracias a las ventajas económicas y la poca complejidad técnica del sistema, se trata de una bancada de pruebas muy útil, tanto en una industria de ensayo de máquinas eléctricas como en un laboratorio destinado al uso docente y/o académico, donde el suministro de potencia es limitado.

Abstract

The present project describes the necessary elements and parameters in order to design an electric motor test bench prepared to test electrical machines in accordance with the regulations and established guidelines. The mainly objective focuses on a design that allows to connect electrically and mechanically the machine which is tested to a second motor that acts as a brake. Said motor allows the realization of the required tests in order to extract the rated values that best characterize the first motor by means of a direct control over the breaking equipment torque. The purpose of the coupling is principally to regenerate the energy which is transformed into heat in case of use of a conventional brake. As a result, the tested engine consumes the difference between the grid energy minus the energy generated by the brake. Consequently, the electrical consumption is significantly reduced during the performance of the tests. Due to economic benefits and the technical simplicity of the system, it is an absolutely useful test bench, both in a testing industry of electrical machines and in a laboratory for teaching and/or academic use, where the power supply is limited.

Agraïments

Sense cap menció en especial de mèrit en aquest capítol, vull agrair i donar les gràcies en primera instància a la facultat EEBE, que m'ha brindat l'oportunitat de realitzar el canvi de tutoria fora de termini i poder acabar la carrera tal i com estava previst. Pel mateix motiu, agrair-li summament al meu director del treball i doctor-catedràtic de la mateixa facultat, Ramon Bargalló Perpiñà, qui m'ha acompanyat, en cas de necessitat i pèrdua de tutor, per a la proposició i posterior redacció del present treball, tot tenint pràcticament nul·les referències pel que fa a mi. Igualment, agrair-li directament el conjunt de pautes i guies proporcionades per ell; justes però encertades, sempre aclarint i donant sentit a totes les explicacions. En últim lloc, vull donar les gràcies i agrair especialment l'esforç dut a terme per l'empresa on he estat i estic treballant, Solar Profit S.L., qui ha comprès la multitud de feina que carregava i, consegüentment, m'ha permès prendre'm les hores necessàries per a l'estudi i desenvolupament del treball de fi de grau; tot mostrant-me sempre paciència i agraint-me la dedicació que mostrava, jo, a les hores a l'empresa.

Pàgina deixada en blanc expressament

ÍNDEX

Resum.....	3
Resumen.....	4
Abstract	5
Agraïments	6
1. Prefaci.....	12
1.1. Origen del treball.....	12
1.2. Motivació.....	12
1.3. Requeriments previs	12
2. Introducció	13
2.1. Objectius	13
2.2. Justificació del treball.....	14
2.3. Abast del treball	14
3. Estat de la qüestió	15
4. Fonaments i requisits teòrics previs.....	16
4.1. Frenat de màquines asíncrones o d'inducció.....	16
4.1.1. Punt de funcionament.....	17
4.2. Frenat per recuperació d'energia o frenat regeneratiu	18
5. Aspectes preliminars al disseny	19
5.1. Caracterització de la planta.....	19
5.2. Requisits preliminars de la bancada.....	20
5.2.1. Dimensions de la bancada.....	21
5.2.2. Facilitat de transport i accessibilitat.....	21
5.3. Sistema	22
5.3.1. Funcionament bàsic	22
5.3.2. Opcionalitat d'un bus DC de corrent continu.....	22
5.3.3. Opcionalitat d'un motor síncron	23
6. DISSENY	24
6.1. Esquema tipus de la bancada.....	25
6.2. Caracterització de la bancada per elements L'Esquema de la bancada queda definit esquemàticament de la següent manera:	26
6.3. Decisions preses prèviament	28
6.3.1. El generador	28
6.3.2. Fre chopper o frenat d'emergència	28
6.3.3. DriveSize software.....	28
6.4. Modes de funcionament	31

6.4.1.	Velocitats i parells de funcionament del generador	31
7.	Dimensionament 1: 1500 rpm i 450 Nm	32
7.1.	Dimensionament	33
7.1.1.	Condicions inicials de la xarxa	35
7.1.2.	Condicions inicials de la càrrega.....	35
7.1.3.	Convertidor d'alimentació de corrent continu	35
7.1.4.	Motor síncron - Generador	36
7.1.5.	Convertidor del generador.....	37
7.1.6.	Motor asíncron d'estudi.....	38
7.1.7.	Convertidor motor d'estudi	39
7.2.	Flux de potències del Dimensionament 1	40
7.3.	Resum dels elements escollits: Dimensionament 1.....	42
7.3.1.	Convertidor AC/DC del bus – Diode Supply Unit (DSU)	42
7.3.2.	Unitat inversora del motor d'estudi.....	43
7.3.3.	Motor asíncron d'estudi.....	44
7.3.4.	Motor síncron generador	45
7.3.5.	Unitat inversora del motor generador	46
7.4.	Seccions del cablejat dimensionament 1	47
7.4.1.	Tram 1: de xarxa a convertidor d'alimentació	47
7.4.2.	Tram 2: d'inversor 1 a motor d'estudi	48
7.4.3.	Tram 3: d'inversor 2 a motor generador.....	48
7.4.4.	Tram 4: barres de corrent continu del bus DC	49
7.4.5.	Secció del cable de protecció	49
7.5.	Proteccions dimensionament 1.....	50
7.5.1.	Proteccions en corrent altern (AC).....	50
7.5.2.	Proteccions en corrent continu (DC)	51
8.	Dimensionament 2: 3000 rpm i 300 Nm	53
8.1.	Dimensionament	54
8.1.1.	Motor síncron generador	54
8.1.2.	Unitat inversora del motor síncron	55
8.1.3.	Motor asíncron d'estudi.....	56
8.1.4.	Unitat inversora del motor asíncron	57
8.1.5.	Convertidor d'Alimentació de corrent continu	58
8.2.	Flux de potències del dimensionament 2	59
8.3.	Resum dels elements escollits: dimensionament 2	61
8.3.1.	Convertidor AC/DC – Diode Supply Unit (DSU)	61

8.3.2.	Unitat inversora del motor exemple d'estudi	61
8.3.3.	Motor asíncron d'estudi.....	62
8.3.4.	Motor síncron generador	63
8.3.5.	Unitat inversora del generador	64
8.4.	Seccions del cablejat dimensionament 2	65
8.4.1.	Tram 1: de xarxa a convertidor	65
8.4.2.	Tram 2: d'inversor 1 a motor d'estudi	65
8.4.3.	Tram 3: d'inversor 2 a motor generador.....	66
8.4.4.	Tram 4: bus de corrent continu.....	66
8.4.5.	Tram 5: posta a terra.....	67
8.5.	Proteccions dimensionament 2.....	67
8.5.1.	Proteccions en corrent altern (AC).....	67
8.5.2.	Proteccions en corrent continu (DC)	67
8.6.	Altres elements	69
8.6.1.	FILTRE LCL.....	69
9.	Equips de mesura elèctrica i mecànica	70
9.1.	Mesura mecànica	70
9.2.	Mesura elèctrica.....	70
9.2.1.	Analitzador	72
9.2.2.	Entrada dels sensors de parell i velocitat.....	74
10.	Control del parell de frenada	75
10.1.	Control en el generador	76
10.2.	Avantatges i guanys de controlar el parell mecànic.....	82
11.	ESTUDI DE L'IMPACTE MEDIAMBIENTAL	83
11.1.	Objectius.....	84
11.2.	Sostenibilitat general	84
11.2.1.	Utilització de materials reciclables i/o reutilitzables	84
11.2.2.	Durabilitat i toxicitat dels materials utilitzats	84
11.2.3.	Producció de residus no recuperables	84
11.2.4.	Ús solvent i òptim del consum elèctric	84
11.3.	Situació i entorn atmosfèric	85
11.3.1.	Emissions de gasos, pols i altres composts volàtils.....	85
11.4.	Accidents sobre el personal autoritzat.....	85
11.4.1.	Contacte elèctric directe	85
11.4.2.	Temperatures de funcionament	85
11.4.3.	Enderrocs o caigudes dels components.....	85

11.5.	Mesures de seguretat i protecció	86
11.5.1.	Contra les pertorbacions atmosfèriques.....	86
11.5.2.	Contra els riscos elèctrics	86
11.5.3.	Contra altes temperatures de funcionament	86
11.5.4.	Contra els enderrocs o caigudes de material.....	86
CONCLUSIONS		87
12.	ANÀLISIS ECONÒMICA.....	88
12.1.	Cost d'estalvi del frenat elèctric.....	89
12.2.	PRESSUPOST	90
12.2.1.	Pressupost: dimensionament 1.....	90
12.2.2.	Pressupost: dimensionament 2.....	91
Bibliografia		92
13.	ANNEXOS.....	93
13.1.	ANNEX I: NORMATIVA APLICABLE.....	94
13.1.1.	Introducció a l'IEC.....	94
13.1.2.	Normativa aplicada de Baixa Tensió	95
13.2.	ANNEX II: DATASHEET ELEMENTS DRIVES I MOTORS	96
13.3.	ANNEX III: PLÀNOLS I ESQUEMES ELÈCTRICS	97
13.4.	ANNEX IV: OFERTA ABB.....	98

1. Prefaci

1.1. Origen del treball

El treball neix de la idea del director, qui m'ofereix l'estudi i disseny de la bancada de proves de motors fruit de la pèrdua del tutor inicial. La idea era i és, en un principi, el disseny preliminar i estudi del flux de potències de la bancada per a la posterior comanda i realització en el laboratori de màquines de la facultat EEBE. L'estudi ofrena la possibilitat d'estudiar o assajar motors seguint les pautes establertes per la mateixa IEC tot optimitzant al màxim el consum de la xarxa de subministrament elèctric.

1.2. Motivació

La voluntat de dur a terme un treball relacionat amb motors o generadors, i amb una important presència de convertidors electrònics, entrava, lògicament, dins les meves expectatives; motiu pel qual no vaig dubtar en acceptar immediatament la redacció del treball. Com bé s'ha dit, la intenció pòstuma comprenia la construcció eventual de la bancada en el laboratori de Màquines Elèctriques; cosa que no deixava de ser un element del tot motivador per a l'acceptació de la idea. A més a més, la idea pot presentar-se i vendre's per a indústries, empreses o laboratoris importants d'assaig de màquines elèctriques que vulguin mantenir la seva metodologia d'estudi tot reduint significativament els costos en la factura elèctrica.

1.3. Requeriments previs

Per a la comprensió i redacció del present treball han estat necessàries el conjunt de coneixements i fonaments relacionats amb les màquines elèctriques, en aquest cas motors. La importància de comprendre les corbes característiques parell-velocitat o potència-velocitat que les defineixen, per tal de fer compatible la connexió elèctrica i mecànica entre els motors. És del tot rellevant l'ús de la teoria de màquines i accionaments per poder explicar i definir la metodologia emprada per al control del parell dels dos motors i per al seu estudi. En últim terme, es menciona el pes que tenen els elements convertidors en la bancada d'assaig i els avantatges que ofereixen segons el tipus de corrent elèctric que representen. El software PSIM ha estat clau per a definir i veure en bona mesura les corbes típiques que caracteritzen el sistema i apreciar l'estalvi energètic produït en l'estudi de la bancada en funcionament.

2. Introducció

Per a poder dur a terme qualsevol tipus d'assaig on hi intervingui un motor elèctric o un generador, ja sigui de forma separada o conjuntament, és necessari conèixer les característiques del conjunt. Aquestes dades relacionen entre sí la tracció proporcionada pel motor, el consum del motor i el parell generat a diferents velocitats i règims de potència.

Quan ens trobem davant de motors grans, de potències superiors als 50 kW, i no es disposa del subministrament elèctric constant i suficient per a proporcionar aquesta energia durant cert període de temps, els assaigs típics del motor elèctric estipulats per l'IEC no sempre es poden realitzar directament amb la xarxa elèctrica simple de què es disposa. D'aquesta manera, quan la xarxa subministra una energia "limitada", existeixen alguns dispositius dissenyats per a l'estudi de màquines elèctriques i/o per a l'optimització del consum de la xarxa per a motors elèctrics en condicions de petita o alta potència.

Aquests aparells són denominats com a bancades d'assaig o de proves. Aquestes bancades, normalment, no constitueixen un sol element, sinó que estan compostes per diversos dispositius elèctrics i estructures de recolzament i acoblament mecàniques. Les bancades més simples donen les dades necessàries per a l'estudi d'aquests motors, com són l'energia i potència consumides, el corrent circulant, els parells motors i velocitats, la temperatura i altres característiques en condicions específiques com la nominal, la d'arrencada o d'aturada.

Per altra banda, hi ha bancades que no només són utilitzades en laboratoris d'assaig i proves, sinó que formen part de dispositius dels quals la gent en fa ús diàriament. Tanmateix, aquests dispositius d'optimització i gestió intel·ligent del consum, no es denominen pròpiament bancades, sinó que tenen diversos noms i es troben en els muntatges elèctrics d'ascensors, busos elèctrics o híbrids, trams, trens, entre d'altres.

2.1. Objectius

L'objectiu és tenir una bancada genèrica de potència que permeti l'acoblament mecànic i elèctric d'un motor de gran potència al seu eix, propiciant l'estudi d'aquest últim de forma que la càrrega que se li imposa com a fre sigui un generador l'energia del qual és re-injectada a la xarxa. Aquest generador refereix al principi de frenat per recuperació d'energia o frenat regeneratiu.

La bancada té com objectiu, per una banda, permetre l'assaig necessari d'un motor elèctric i exportar-ne les dades que són requerides per a caracteritzar-lo, per l'altra, proporcionar un consum optimitzat de l'energia que el motor requereix per al seu funcionament. Conseqüentment, es necessita estudiar i caracteritzar l'equip generador, la forma mecànica del seu acoblament variable a un altre motor, i la metodologia de connexió a la xarxa sense causar cap tipus d'interferència o mal funcionament.

Tanmateix, a diferència del principi que consisteix a fer funcionar la *mateixa* màquina d'inducció com a generador, el que es pretén aquí és l'ús adherit d'una segona màquina generadora acoblada a la primera. Això permet l'acoblament de diverses màquines amb petites distincions en la mateixa bancada que només actuïn com a tals. Per la seva banda, el generador només actuarà de forma que injecti l'energia de frenat o de càrrega a la mateixa xarxa de què el motor consumeix. Així, tenim un sistema unidireccional en el qual és poden acoblar, individualment,

motors amb característiques diverses i potències grans que comprendrà amb l'objectiu de regenerar un percentatge molt alt de l'energia consumida pel motor.

2.2. Justificació del treball

És important puntualitzar que l'objectiu pel que fa a la utilitat bàsica de la bancada, es destina directament en indústries o empreses que es dediquen principalment a l'assaig, test o prova de motors elèctrics reduint així les sobrecàrregues a l'hora de frenar o carregar els motors i sense necessitat d'utilitzar un fre mecànic. Per altra banda, s'aplica l'ús de la mateixa bancada en laboratoris i/o universitats on es pugui donar l'opcionalitat d'assajar motors de potència gran de forma precisa i sense disposar d'una potència contractada de subministrament molt elevada.

2.3. Abast del treball

A continuació s'exposen els punts que se segueixen per al disseny de la bancada de proves als quals s'ha estat fidel i que caracteritzen l'abast del treball:

- Caracterització dels elements que conformen el sistema
- Definició de dos modes de funcionament diferent
- Dimensionament dels elements en l'ordre especificat per a dos tipus de modes de funcionament
- Càlcul del rendiment del sistema
- Realització del flux de potències que defineix la bancada
- Metodologia seguida per al control del parell de la planta generadora
- Dibuix dels esquemes i plànols de connexió
- Simulació PSIM

3. Estat de la qüestió

Per comprendre el funcionament d'una bancada de proves amb les característiques esmentades, ha estat molt important el recolzament trobat en sistemes actuals que refereixen a un aparell capaç de connectar-se a dues màquines tot controlant-ne el parell d'una per assajar el comportament de l'altra i regenerar tota l'energia produïda per la segona i re-injectar-la a la primera.

La bancada estudiada i objecte d'aquest treball es caracteritza per una semblança en els sistemes de frenat regeneratiu de l'empresa *OMRON*. Aquesta empresa d'automatització industrial fabrica sistemes de control tant de velocitat com de parell, sistemes de conversió de corrent i sistemes complets de regeneració en màquines elèctriques. A continuació, es mostra una imatge d'una unitat de frenat regeneratiu "high duty" (100%) fabricada per la mateixa empresa:

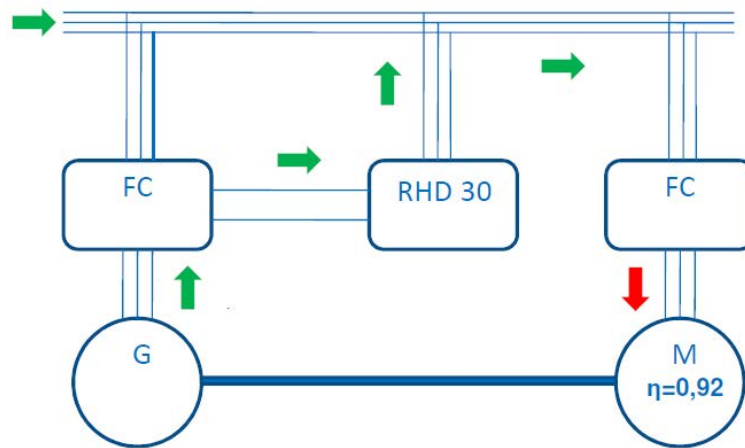


Figura 3.1. Representació de la bancada d'assaig de motors modelada per OMRON

L'anterior unitat pre-dissenyada de frenat regeneratiu, conté varies semblances amb el sistema de bancada objecte del present treball. Aquestes són la unió mecànica d'un motor elèctric amb un generador, la presència d'un variador de freqüència o convertidor per a cada màquina i la conversió a corrent continu de la generació elèctrica que es transfereix a la unitat RHD que, posteriorment, injecta l'energia a la xarxa en forma de corrent altern trifàsic.

Més enllà de les semblances anteriorment indicades, el sistema *Revcon* d'OMRON s'allunya en molts altres aspectes respecte el funcionament de la nostra bancada:

- El sistema objecte del treball, com bé es veurà, converteix la tensió i corrent trifàsiques de la xarxa en corrent continu creant un bus on s'hi connectaran les màquines en qüestió. D'aquesta manera, els variadors de freqüència utilitzats per OMRON, passen a ser convertidors rectificadors i inversors.
- El sistema RHD d'OMRON és absent en la nostra bancada. No s'introdueix cap sistema auxiliar de regeneració.
- A l'introduir convertidors, és necessari per potències inferiors a 20 kW que aquests incorporin reactàncies de corrent continu.
- OMRON no disposa de sistemes tipus bancada regenerativa d'alta potència. Els més potents assoleixen uns 19 kW. Tampoc disposa de la capacitat de connectar tant motors síncrons com asíncrons en el mateix sistema.

4. Fonaments i requisits teòrics previs

4.1. Frenat de màquines asíncrones o d'inducció

Per comprendre el funcionament de frenat regeneratiu de la bancada objecte del present treball, cal fer esmena dels fonaments teòrics que caracteritzen el funcionament d'una màquina com a fre, i en el cas concret, regeneratiu.

S'entén que una màquina elèctrica funciona com a fre quan exerceix un parell de frenat; és a dir, de sentit contrari a la seva velocitat. Depenent de com sigui el parell de la càrrega mecànica, el comportament del sistema "màquina elèctrica-càrrega mecànica", quan la primera actua com a fre, és així:

- Si la càrrega mecànica deixa d'actuar com a tal i passa a exercir un parell motor, el sistema buscarà un punt de funcionament en què s'equilibri aquest parell amb el de frenat de la màquina elèctrica i la velocitat assolirà un valor constant.

Exemple: quan un vehicle elèctric descendeix en una pendent; mentre pujava la pendent, la màquina elèctrica exercia un parell motor que havia de vèncer el parell resistent provocat pel pes i el fregament. En canvi, quan descendeix, el parell provocat pel pes passa a ser un parell motor i la màquina elèctrica es connecta de forma que exerceixi un parell de frenat que impedeixi l'augment excessiu de la velocitat.

- Si la càrrega mecànica segueix actuant com a tal, se sumen els parells de frenat de la càrrega i de la màquina elèctrica provocant la disminució de la velocitat, que inclús pot arribar fins a la detenció del sistema màquina elèctrica-càrrega mecànica.

Exemple: quan un vehicle elèctric circula en un trajecte pla; la màquina actua, en principi, com a motor i els fregaments del vehicle comprenen la càrrega mecànica. Si es decideix frenar el vehicle, es connecta la màquina elèctrica com a fre per tal que el vehicle disminueixi llur velocitat gràcies a l'efecte conjunt del parell de frenat de la màquina elèctrica més el parell de càrrega dels fregaments.

Existeixen un seguit de procediments per tal que una màquina asíncrona passi a actuar com a fre: frenat per recuperació d'energia o frenat regeneratiu, frenat a contracorrent i frenat per injecció de corrent contínua (frenat dinàmic).

El present treball comprèn el comportament de la segona màquina com a generador per tal que el sistema treballi en un bucle de re-injecció contínua d'energia elèctrica o, el que és el mateix, un ús regeneratiu de l'energia necessària per a l'estudi del motor i el seu frenat. És per aquest motiu, que en el present capítol ens centrarem en el funcionament i concepte del frenat per recuperació d'energia.

Abans no entrar en la matèria corresponent a aquest tipus de frenat cal definir el Punt de Funcionament del sistema motor-càrrega juntament amb el conveni de signes que se li imposa per comprendre el control del parell que es realitza sobre el motor explicat en aquest treball.

4.1.1. Punt de funcionament

Quan un motor asíncron mou una càrrega mecànica en règim permanent, un generador en el sistema de la bancada de proves, s'estableix un equilibri entre el parell motor M proporcionat per la màquina asíncrona i el parell resistent M_r de la càrrega, que anomenarem M_G , de generador. Per tant, el sistema motor-càrrega funciona a velocitat constant en un punt en què es verifica la següent igualtat:

$$\text{Punt de funcionament: } M = M_G \quad [\text{Eq. 1.1.}]$$

A la figura 4.1. s'ha representat sobre els mateixos eixos de coordenades la corba parell-velocitat del motor i de la càrrega mecànica. El punt de funcionament del sistema (P en la figura) serà el punt de tall entre les dues corbes.

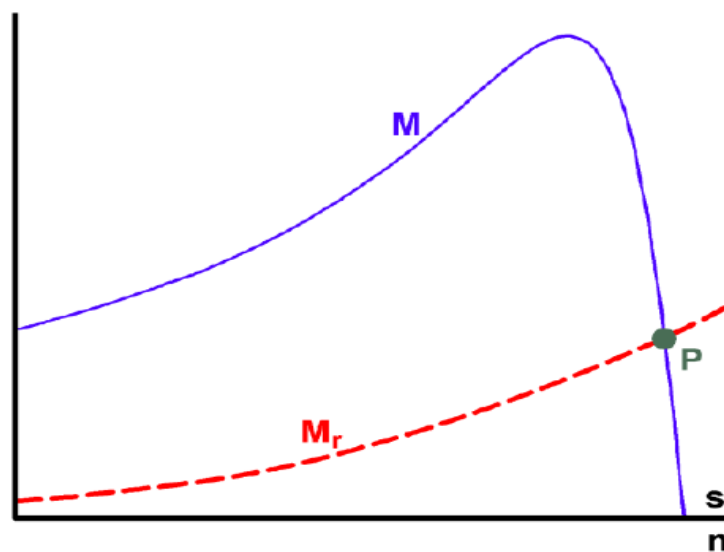


Figura 4.1. Punt de funcionament

Vegi's, doncs, que els convenis de signes per M i M_G són oposats, cosa que serà així al llarg del treball:

- M és el parell de la màquina asíncrona. Per aquest s'usa el conveni de signes motor; això vol dir, un parell a favor de la velocitat del mateix signe. Per tant, quan el parell M és positiu, estem parlant d'un moment que intenta que la velocitat sigui positiva i quan M és negatiu, pretén que la velocitat sigui negativa.
- M_G és el parell d l'element mecànic (generador) acoblat a l'eix de la màquina asíncrona i que, en principi, suposa una càrrega mecànica. Aleshores, per M_G s'aplica el conveni de signes del parell resistent: un parell oposat a la velocitat del mateix signe. Això significa que quan M_G és positiu, parlem d'un parell que s'oposa a que la velocitat sigui positiva. Mentre que, quan M_G és negatiu, s'oposa a que la velocitat sigui negativa; és a dir, pretén que la velocitat sigui positiva.

4.2. Frenat per recuperació d'energia o frenat regeneratiu

Per al cas general, aquest sistema de frenat consisteix en fer funcionar la màquina d'inducció com a generador, invertint el balanç de potència (Figura 4.1.) i s'exerceix un parell de sentit contrari a la velocitat (Fig 4.1.). Per tal que això passi, en una màquina asíncrona, s'ha d'aconseguir que la velocitat de la màquina sigui superior a la velocitat de sincronisme, bé augmentant la primera o bé disminuint la segona:

Una màquina asíncrona actua com a generador quan la seva velocitat n supera a la de sincronisme n_1 , resultant que el lliscament s sigui negatiu.

Amb el lliscament s negatiu succeeix que la resistència total del rotor R'_2/s és negativa, cosa que origina que la potència en l'entreferro P_a i la potència elèctrica a l'estator P_1 siguin negatives. També succeeix que la resistència de càrrega R'_c sigui negativa; comporta que la potència mecànica interna P_{mi} i la potència mecànica P_u també esdevinguin negatives. Tot això fa que el balanç de potències sigui invers a quan la màquina actuava com a motor¹.

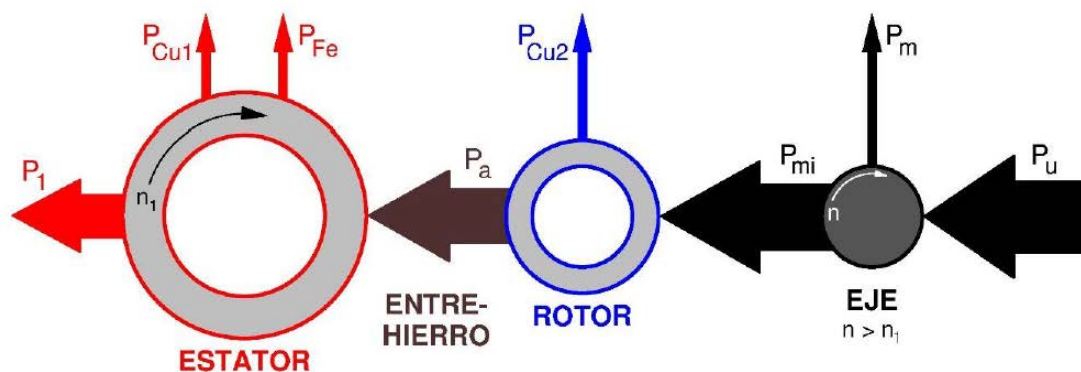


Figura 4.2. Balanç de potències d'un generador asíncron amb el rotor curtcircuitat
(La potència útil en aquest cas no és P_u sinó que és P_1 , però es manté la nomenclatura com si es tractés d'un motor)

En funcionament com a generador, la màquina d'inducció absorbeix una potència mecànica per l'eix P_u , cosa que implica que ha d'exercir un parell de frenat M (oposat a la velocitat n), tot generant una potència elèctrica P_1 que subministra a través de l'estator.

Noti's que en el circuit equivalent d'una màquina asíncrona amb el rotor curtcircuitat, les reactàncies no canvien mai de signe i sempre són inductives. Això significa que el factor de potència de la màquina sempre serà inductiu i mai podrà generar potència reactiva.

Per tant, un generador asíncron amb el rotor el curtcircuit produïx potència activa, però no reactiva. Això, en principi, impedeix que una màquina asíncrona funcioni com a generador aïllat, alimentant ella sola una càrrega elèctrica sense la presència d'una xarxa equilibrada, sinó que ha d'estar acoblat a un altre generador o una xarxa que subministri la potència reactiva necessària. Motius pels quals més endavant s'explica la tria d'un generador síncron i d'un bus de corrent continu per a la reutilització de l'energia generada.

¹ Cal puntualitzar que el sistema explicat és el funcionament de la mateixa màquina com a motor i generador, cosa que divergeix en el funcionament real de la bancada objecte del treball, ja que tècnicament hi ha la presència d'una segona màquina que actua sempre com a generador. Tanmateix, la informació i explicació del gir dels paràmetres i la inversió del balanç de potències és exactament la mateixa tant en un cas com en l'altre.

5. Aspectes preliminars al disseny

En aquest capítol es mostren el conjunt d'aspectes i consideracions prèvies i necessàries per a desenvolupar el disseny final de la bancada.

5.1. Caracterització de la planta

En un principi, la bancada tindrà un aspecte com el que es mostra a la figura 5.1. la qual presenta un conjunt de mòduls distribuïts verticalment que connecten les seves últimes sortides amb els dos motors també representats:

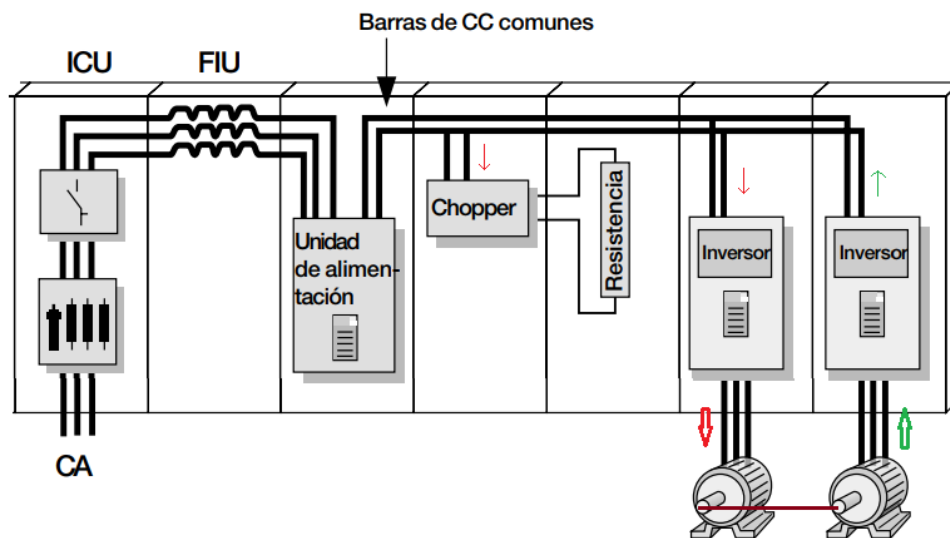


Figura 5.1. Representació de la bancada d'assaig de motors

Per a poder aconseguir els objectius, la bancada d'assaig ha de ser dissenyada i construïda atenent el dimensionament dels següents elements:

- **Caracterització de la planta generadora** (fre). Aquesta planta comprèn el motor elèctric en funció de generador, el control convertidor-inversor necessari per a la re-injecció a la xarxa i el sistema d'acoblament mecànic emprat, definit per les pròpies màquines.

1. Part elèctrica:

1.1. Generador.

- a. Característiques elèctriques
 - i. Potència Nominal
 - ii. Parell en l'eix
 - iii. Rang de Potències d'entrades (Intensitat i Voltatge)
 - iv. Potència de sortida (Parell i Velocitat angular)
 - v. Rendiment, $\cos \phi$, etc.
- b. Característiques mecàniques.
 - i. Nombre de pols
 - ii. Imants permanents
 - iii. Dimensions tan del motor com de l'acoblament.

2. Part electrònica.

2.1. Planta dels convertidors

- a. Convertidor del tipus Inversor (DC/AC) bidireccional.
 - b. Convertidor de xarxa del tipus rectificador. Unitat d'alimentació a través d'un pont complet de díodes
- **Caracterització de la planta motora (Motor d'Estudi).** La part motora, no forma part de l'objecte del treball ja que refereix al/s simple/s motor/s elèctric/s de gran potència que es vol/en assajar. Tanmateix es realitza l'estudi i dimensionament amb dos motors asíncrons d'exemple accionats per un convertidor.

5.2. Requisits preliminars de la bancada

La següent secció se centra a descriure les principals característiques de la bancada. La bancada d'assaig amb realimentació haurà de complir amb la realització de les següents tasques i requisits:

- La capacitat de testar o assajar diversos motors amb característiques propulsives semblants i a tres modes diferents de potència.
- Haurà de ser mínimament portàtil de manera que el seu transport i accessibilitat siguin òptims.
- Haurà d'optimitzar el consum elèctric de la xarxa en una reducció de, com a mínim el 80%. Propiciant així l'ús de la màquina per a motors de gran potència.
- Els accionaments hauran de permetre reduir en la mesura del possible els pics de corrent en el moment d'engegada o parada.
- S'haurà d'estudiar la necessitat o no d'un fre chopper auxiliar per a la dissipació energètica en cas que així es requereixi.
- La bancada s'accionarà i apagarà a través d'un interruptor.
- S'haurà de definir la metodologia de control sobre el parell de les dues màquines de forma que la segona, mitjançant aquest control, apliqui un parell determinat sobre el motor d'estudi.
- Es disposarà d'elements auxiliars de mesura de potència elèctrica, tensió, corrent, parell, velocitat, potència mecànica i rendiment. Igualment, disposar d'un sistema que permeti la fàcil lectura de l'energia estalviada de la xarxa.
- Tal i com estipula la ITC-BT-18 del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió, totes les parts metàl·liques de la bancada, hauran d'estar correctament connectades a terra per tal de protegir l'usuari davant fugues o derivacions de corrent.
- La bancada comprendrà amb els elements necessaris de protecció per a complir amb les normes elèctriques de seguretat i protegir a les persones davant de contactes directes o indirectes.
- Haurà d'estar suficientment elevada del terra per a la correcta manipulació de les màquines i la lectura de dades.

En la següent secció, es desenvolupen alguns dels requisits dimensionals, elèctrics i estructurals a què està sotmès el conjunt de la bancada d'assaig.

5.2.1. Dimensions de la bancada

Les dimensions màximes queden restringides per l'entorn de menors dimensions en què ha d'operar la bancada. En el nostre cas, s'utilitza una bancada d'assaig formada per mòduls i blocs del fabricant ABB que hi càpiga fàcilment al Laboratori de Màquines Elèctriques de la facultat EEBE de la UPC. Les mides d'aquestes bancades o acoblaments se situen al voltant dels $2,2 \times 0,4 \times 0,66 + 2 \times (2,145 \times 0,4 \times 0,636)$ m, de manera que les dimensions queden reduïdes a la mida dels mòduls normalitzats i les dimensions pròpies dels motors elèctrics utilitzats i acoblats mecànicament entre si.

El pes de la bancada, sense tenir en compte el pes de cada motor, queda definit pel bloc conjunt format per tots els mòduls d'accionament i d'alimentació; es parla en total d'uns 1050 kg. Si es te en compte el pes de les màquines, s'assoleix un pes total de 2.000 kg.

Quant a les dimensions mínimes, no existeix cap tipus de limitació a priori. La bancada en un principi serà el més petita possible, essent fixada i limitada pels dispositius i elements indivisibles que la conformen.

5.2.2. Facilitat de transport i accessibilitat

La bancada d'assaig també ha de complir uns requisits pel que fa al pes, la mida i l'accessibilitat amb l'objectiu de poder transportar-la entre tres persones en varis trajectes i, a la vegada, poder ser accessible a totes les seues parts.

- Transport

El sistema es dissenya amb l'objectiu que el seu transport sigui assequible mitjançant toros o elements de càrrega semblants. Per complir amb aquest requisit, la bancada ha de tenir un pes adequat per aquest fi. Tanmateix, el pes queda altra vegada limitat per la presència de les dues màquines elèctriques: el generador i el motor. Ja que la reducció d'aquests va lligada directament a la seva potència, no es poden variar els valors de pes per tal de fer la bancada més transportable.

Una solució al problema anterior és la implantació de rodes a la part inferior per a assolir una estructura de transport del tot còmode i eficient.

A més a més, és important no oblidar que la bancada la conformen un seguit de sistemes independents entre si. Per la qual cosa, es poden transportar de forma individual al lloc de destí i, tot seguit, muntar la bancada per parts.

- Accessibilitat

Tal i com s'especificava al paràgraf anterior, la bancada té una estructura modular i accessible que pot ésser fàcilment desmuntada en totes les seves parts fonamentals i que, una vegada desmuntada, es pot accedir a tots els punts on sigui necessari per aconseguir un bon funcionament. Això s'aconsegueix mitjançant l'ús exclusiu, per a totes les subjeccions i unions, d'elements d'unió desmuntables (cargols, vetes adherents, etc.). d'aquesta manera, totes les parts poden separar-se unes de les altres amb la utilització d'un descargolador o a través de la simple força.

5.3. Sistema

A continuació, es defineixen un seguit de consideracions prèvies que cal formalitzar abans no entrar en la matèria del disseny definitiu de la bancada.

5.3.1. Funcionament bàsic

En primer lloc les tensions trifàsiques de la xarxa de 400 Vac i 50 Hz son transformades i convertides en corrent continu monofàsic de 540 Vdc. Aquesta última tensió defineix el bus DC del qual s'alimenten o en el qual injecten energia les màquines elèctriques.

La primera línia connectada al bus DC és la línia que alimenta el motor estudiat. El positiu i negatiu del bus són connectats a una unitat **onduladora** la sortida del qual representa un sistema trifàsic altern preparat per aplicar tensió al motor d'estudi.

El motor, per la seva banda, s'acobla mecànicament al segon motor elèctric exercint un parell controlat a l'eix del rotor d'aquest últim i a una velocitat determinada.

El segon motor, en funcionament de generador, converteix la potència mecànica del seu eix en potència elèctrica trifàsica que es connecta a la sortida d'un tercer convertidor, del tipus **inversor** en funcionament contrari al seu disseny, capaç d'injectar l'energia altra vegada en forma de corrent continu al bus DC comú del qual partia la línia per alimentar el motor.

Així, tal i com s'explica a l'anterior paràgraf, el circuit es tanca en el mateix bus DC on l'energia es consumida al mateix instant de la seva generació.

Com més endavant s'explica, la finalitat de la bancada és l'estudi o assaig de motors. Per això, serà necessari el control total sobre el parell resistent de l'equip generador, el qual aplicarà el moment definit per l'usuari i, normalment, contrari al gir del motor.

5.3.2. Opcionalitat d'un bus DC de corrent continu

Per distanciar la bancada de proves respecte els sistemes OMRON actuals, s'opta per una distribució energètica en forma de corrent continu. A més a més, aquesta opcionalitat suposa un conjunt d'avantatges que s'especifiquen a continuació.

- *Principals avantatges de les barres de DC comunes:*

1. El flux de potència és fàcil d'equilibrar
2. Les pèrdues del sistema al convertir l'energia de frenat disminueixen amb l'ús d'un sistema comú de corrent continu.
3. La potència del sistema d'un bus DC es manté pràcticament independent a la distància, a diferència d'un sistema AC on la capacitat de transmissió disminueix amb la longitud, a conseqüència dels seus efectes inductius.
4. Un altre factor tècnic bàsic consisteix en la impossibilitat de connectar corrent alterna a diferent **freqüència**. D'aquesta manera, en un sistema DC, no existeix cap problema de **sincronització** ja que tots els sistemes, independentment de la seva tensió, treballen a una freqüència nul·la.

5. L'**absència d'inductància** permet eliminar qualsevol circuit de correcció del factor de potència.
6. Gràcies a la no complexitat del sistema i consegüent reducció d'elements, la **mida i el pes**, disminueixen.

5.3.3. Opcionalitat d'un motor síncron

El motor escollit que treballarà com a generador comprèn una dels pilars fonamentals d'aquest treball. A continuació s'explica per què es decideix l'acoblament d'un motor síncron en comparació a un d'asíncron.

Si es fa treballar un motor asíncron, de la mateixa manera que el síncron, com a càrrega, aquest exerceix un parell en sentit contrari a la velocitat, però en el cas descartat, s'ha d'aconseguir que la velocitat de la màquina sigui superior a la seva velocitat de sincronisme, bé augmentant la primera o disminuint la segona; consegüentment, s'obté un lliscament (s) negatiu.

A més a més, tal i com s'explicava en els fonaments teòrics, la invariabilitat dels signes de les reactàncies del motor asíncron fa que la potència de la màquina sempre sigui inductiva, impossibilitant la producció d'energia reactiva necessària en qualsevol xarxa.

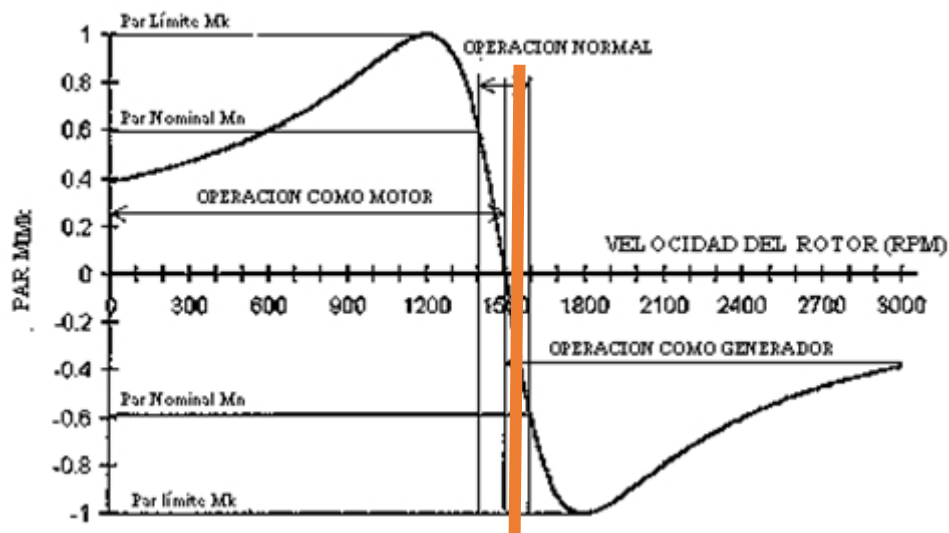


Figura 5.2. Corba parell-velocitat d'un motor en funcionament de generador i de motor, segons el cas

D'aquesta manera, si s'escollia una màquina asíncrona, calia alimentar-la mitjançant un variador de freqüències determinat per assegurar l'actuació de la màquina com a generador sense que augmenti la seva velocitat. Per això, cal reduir la freqüència f_1 de forma que la velocitat de sincronisme sigui inferior a la del gir del rotor.

Aleshores, per assegurar-nos que el generador treballa en el seu punt òptim de treball, tal i com apareix en color taronja a la imatge superior, i no pas, en el punt òptim com a motor, s'ha decidit utilitzar un generador síncron, estalviant-nos d'aquesta manera un variador de freqüència necessari per a la màquina asíncrona.

6. DISSENY

En aquest capítol es mostren el conjunt de passos seguits, càlculs i esquemes realitzats per a determinar els elements que conformen el sistema. De la mateixa manera es presenten els resultats obtinguts pel que fa al flux de potències i, conseqüentment, l'estalvi energètic de la xarxa i el rendiment de la bancada en les condicions funcionals establertes.

El capítol conté en un segon bloc els apartats del 7. "Dimensionament 1" i 8. "Dimensionament 2" que comprenen la part més important del conjunt del capítol.

6.1. Esquema tipus de la bancada

En el següent esquema es mostra de forma simple el funcionament elèctric de la bancada d'assaig. L'esquema comença en una representació unifilar de la xarxa elèctrica a què es connecta la planta. Després de les proteccions necessàries, el sistema trifàsic i altern és convertit immediatament en un sistema de corrent continu monofàsic, anomenat Bus DC.

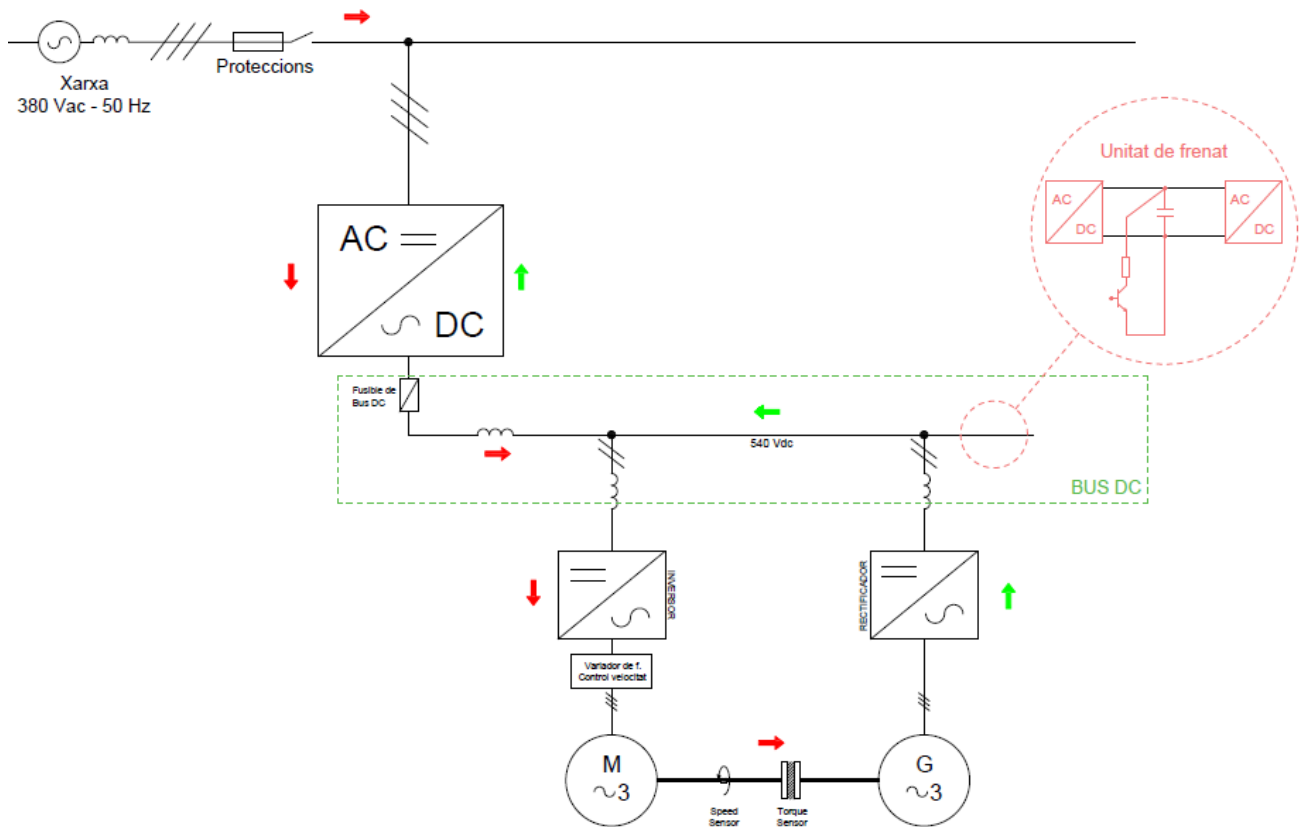


Figura 6.1. Esquema unifilar bàsic de la bancada d'assaig de motors

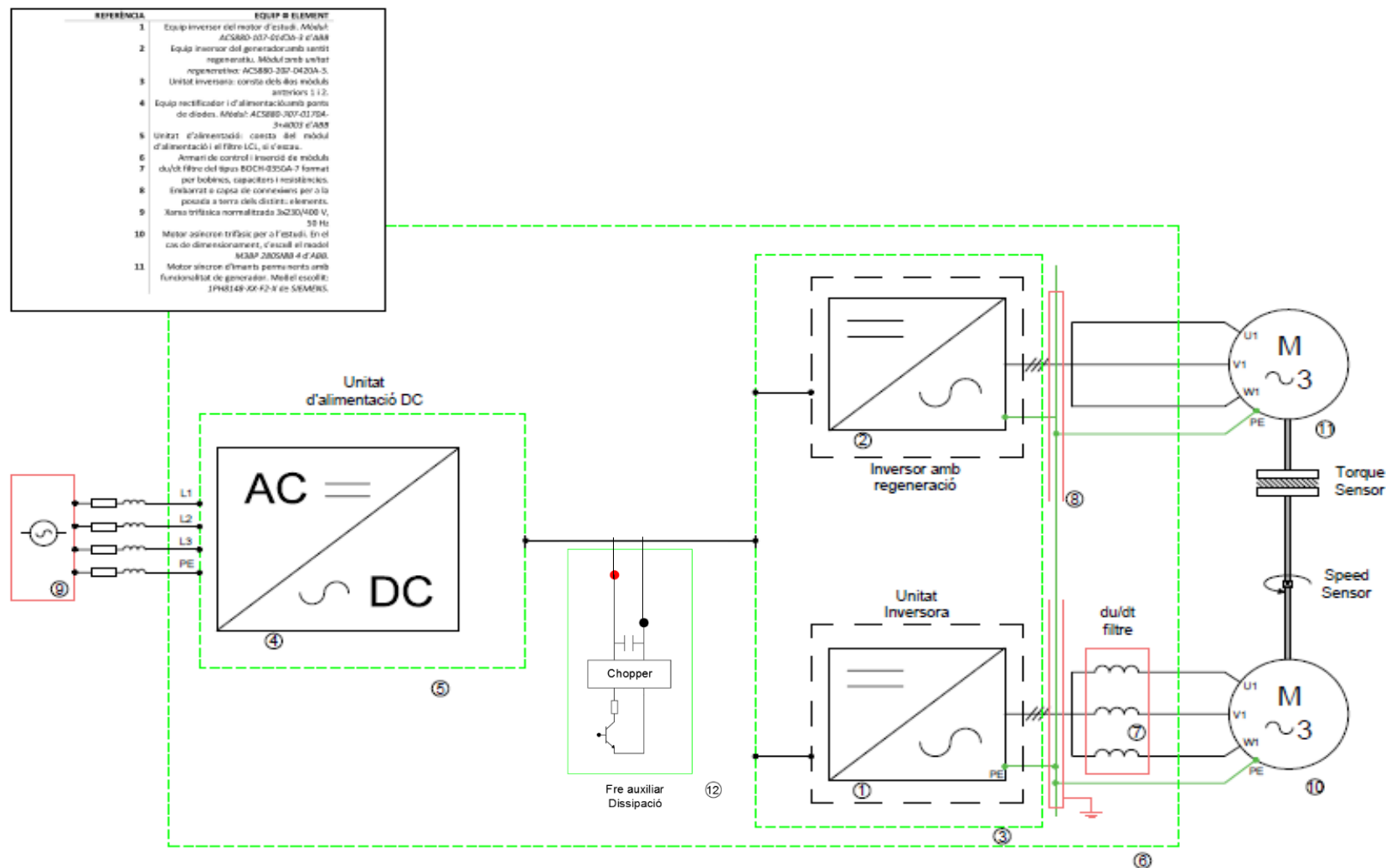
En aquest bus de corrent continu s'hi connecten les màquines representatives amb els seus respectius convertidors. A la banda esquerra s'hi representa el motor elèctric que s'assaja i, a la banda dreta, el motor síncron que actua com a càrrega regenerativa.

El convertidor del motor actua com a ondulator de corrent i l'altre, per la seva banda, actua com a rectificador de corrent. És important diferenciar les dues funcions ja que els dos apareixen dibuixats amb esquemes idèntics mentre que el flux de potències representat en vermell o verd segons si consumeix o genera, respectivament, indica el sentit del corrent, de forma que les línies de corrent altern (\sim) i de corrent continu (=) s'agafen en l'ordre pertinent.

D'acord amb el sentit convencional escollit del corrent que representa el flux de potències, el sistema només hauria de treballar en aquest ordre.

6.2. Caracterització de la bancada per elements

L'Esquema de la bancada queda definit esquemàticament de la següent manera:



Per caracteritzar cadascun dels elements de la bancada, introduïm un número de referència per cada component que queda definit a la següent taula.

REFERÈNCIA	EQUIP O ELEMENT
1	Equip inversor del motor d'estudi. <i>Mòdul 1</i>
2	Equip inversor del generador amb sentit regeneratiu. <i>Mòdul 2 amb capacitat regenerativa</i>
3	Unitat inversora: consta dels dos mòduls anteriors 1 i 2.
4	Equip rectificador i d'alimentació amb ponts de díodes. <i>Mòdul 4</i>
5	Unitat d'alimentació: consta del mòdul d'alimentació i el filtre LCL, si s'escau.
6	Armari de control i inserció de mòduls
7	du/dt filtre del tipus BOCH-0350A-7 format per bobines, condensadors i resistències, si s'escau
8	Embarrat o capsa de connexions per a la posada a terra dels distints elements.
9	Xarxa trifàsica normalitzada 3x230/400 V, 50 Hz
10	Motor asíncron trifàsic per a l'estudi. En el cas de dimensionament, s'escollirà un model diferent per cada cas.
11	Motor síncron d'imants permanents amb funcionalitat de generador. S'escollirà un model diferent per cada cas
12	Unitat de frenat auxiliar per dissipar l'energia sobrant en cas d'aturada de la bancada, si s'escau.

Taula 1.1. Definició dels elements de la bancada per cada número de referència

6.3. Decisions preses prèviament

Es important aclarir el conjunt de decisions preses respecte les consideracions prèvies que s'han fet abans no realitzar el disseny definitiu, pel que fa al generador, al fre d'emergència i a l'ajuda per al dimensionament de la planta.

6.3.1. El generador

Com bé s'ha dit anteriorment, quan es parla de generador, referim tan sols a la funció de la màquina, atenent que realment es tracta d'un motor sincrònic d'imants permanents actuant com a generador a velocitat i parell constant; motiu pel qual es dirà que la càrrega del motor es a tipus "parell constant".

6.3.2. Fre *chopper* o frenat d'emergència

En el cas d'un ascensor, quan es connecten ambdues màquines per tal que alternin el seu funcionament com a generador o com a motor, segons el cas, és necessària la connexió en paral·lel d'una unitat de frenat d'emergència o *Chopper*. Sense aquesta unitat, en cas que els dos ascensors generin, és a dir, que estiguin baixant pisos, caurien instantàniament sense cap fre o resistència a la seva velocitat, que es veuria fàcilment vençuda pel pes de l'ascensor.

Tanmateix, en la bancada objecte d'aquest treball, no és necessari l'acoblament elèctric en paral·lel d'aquesta unitat de frenat. La justificació rau en el simple fet que el sistema treballa en "bucle" i l'energia no cal esser en cap moment dissipada; en cas que aturem la màquina de cop, la bancada s'aturarà anirà disminuint la seva velocitat d'acord amb les pèrdues originades en cada màquina i anirà consumint la part proporcional de l'energia generada d'acord amb el rendiment dels seus elements (convertidors i màquines).

6.3.3. DriveSize software

S'ha fet un ús constant de l'eina de dimensionament de l'empresa ABB, la qual permet seleccionar diferents components com motors o accionaments a través d'unes consideracions inicials definides i un tipus de sistema determinat. Es pot fer tant ús de l'eina online a través de la seva pàgina web com, també, descarregant-se l'aplicació de lliure distribució de la qual disposen.

6.3.3.1. Inicialització del programa

Si s'inicia la pàgina web on s'hi torba la plataforma *DriveSize* destinada al dimensionament de motors i accionaments o convertidors, s'arriba a una pàgina amb les següents característiques.



Figura 6.1. Captura de pantalla de l'inici a la plataforma *DriveSize*

La pàgina permet escollir entre sis modes distints de dimensionament. Després d'intentar-ho amb les diverses opcions, es decideix utilitzar el dimensionament de *Industrial Multidrive*, ja que és l'únic que permet el dimensionament per un bus de corrent continu DC on s'hi connecten una o més màquines.

Una vegada s'hi accedeix s'obra una pantalla del software en línia, pròpiament dit:

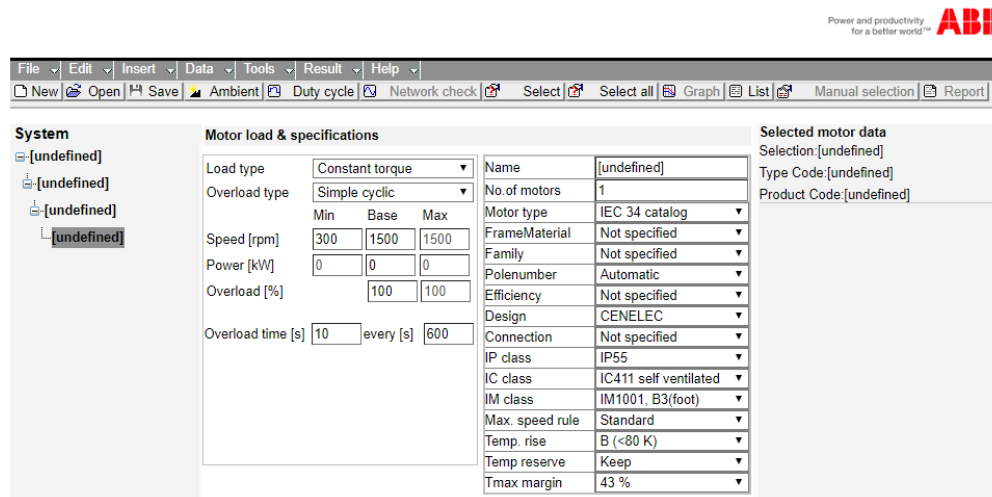


Figura 6.2. Captura de pantalla de la plataforma seleccionada de *Industrial Multidrives*

Per dimensionar correctament la bancada, serà necessari determinar una xarxa, el tipus de tensió amb què aquesta treballa, el número de màquines elèctriques que s'hi connecten i el mode dels accionaments o convertidors d'aquests motors. Tot això es determina a la part superior esquerra del quadre, on hi apareix escrit "System".

A la següent imatge, s'hi mostra el sistema una vegada definit tal i com està pensat el disseny:

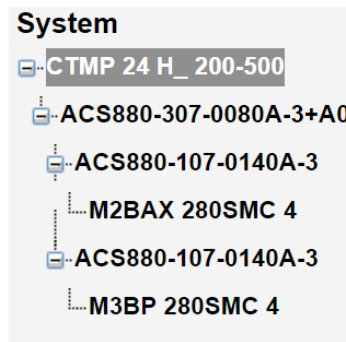


Figura 6.3. System exemple de la bancada a dissenyar format per dos motors amb els seus convertidors i un mòdul d'alimentació

Si s'observa l'ordre jeràrquic dels components, es veuen de d'alt a baix els següents elements i les seves característiques bàsiques:

- **Xarxa:** l'aplicació no permet definir directament un model de xarxa trifàsica amb una tensió i corrent definits, sinó que és necessari introduir-hi un transformador. En aquest cas, per tant, no és rellevant el model que s'escollirà.
- **Convertidor de xarxa AC/DC:** el convertidor ofereix la transformació del corrent trifàsic i altern a un bus DC. El model escollit queda perfectament definit a través de la potència i corrent màxima a què treballarà aquest convertidor. En definitiva, es tracta de la potència màxima absorbida de la xarxa. Tal i com es veu al llarg del dimensionament, aquesta es defineix com a la diferència entre l'energia consumida pel motor asíncron i la generada pel motor síncron.
 - **Convertidor de freqüència i DC/AC** del motor objecte d'estudi: aquest convertidor ve definit per les característiques del motor que s'assaja. La bancada estudiarà en principi motors asíncrons la potència dels quals variarà. Tanmateix, es calcularà el convertidor per a dos modes de funcionament definits en l'apartat següent.
 - **Motor d'Estudi:** a diverses potències definides per una velocitat i un parell determinats
 - **Convertidor de freqüència i DC/AC** del generador: de la mateixa manera que s'ha dut a terme amb el motor, el convertidor del generador ve definit per aquest últim. La potència del generador és una de les condicions inicials per al dimensionament correcte de la bancada.
 - **Generador Síncron:** quan s'intenta introduir un motor que actuï com a generador síncron i d'imants permanents (PM Motor), veiem que la marca ABB no disposa de motors PM síncrons capaços de girar a les velocitats que a nosaltres ens interessa i a les potències que requereix la bancada.

6.4. Modes de funcionament

6.4.1. Velocitats i parells de funcionament del generador

S'han escollit dos modes fonamentals de treball per al generador caracteritzats per un parell i una velocitat angular determinats:

- i. $\omega = 3000 \text{ min}^{-1}$ $\Gamma = 300 \text{ Nm}$
- ii. $\omega = 1500 \text{ min}^{-1}$ $\Gamma = 450 \text{ Nm}$

Amb els paràmetres anteriors podem determinar de forma directa les potències mecàniques que rep el generador.

$$P_M = \Gamma \cdot \omega \text{ [W]} \quad [\text{Eq. 1.2.}]$$

Utilitzant les unitats del SI i aplicant-les a l'anterior equació, s'obtenen les següents potències per cada mode:

- i. $P_{M1} = 94,25 \text{ kW}$
- ii. $P_{M2} = 70,67 \text{ kW}$

Si determinem la velocitat sincrònica en 1500 o 3000 min^{-1} i acotem una freqüència de funcionament al voltant dels 50 Hz , aleshores podem determinar de forma aproximada el nombre de pols de les màquines generadores:

$$N_s = \frac{60 \cdot f}{p} \quad [\text{Eq. 1.3.}]$$

On:

- N_s és la velocitat angular en rpm del motor
- f és la freqüència de funcionament
- p és el nombre de parell de pols

Aïllant p de l'anterior equació, s'obté un nombre de parell de pols de:

$$p = \frac{60 \cdot f}{N_s} = \frac{60 \cdot 50}{1500 \text{ o } 3000} = 2 \text{ o } 4 \quad [\text{Eq. 1.4.}]$$

Per tant, en un principi el nostre generador tindrà 2 o 4 pols, segons el cas.

7. Dimensionament 1: 1500 rpm i 450 Nm

En el present capítol es mostra de la forma més detallada i específica com es dimensiona el sistema i el resultat obtingut en el primer mode de funcionament en què la potència mecànica del motor és de 70 kW

7.1. Dimensionament

El dimensionat d'un sistema tipus bancada o d'un simple accionament és una tasca en què tots els factors s'han de tenir en compte detingudament. El dimensionat requereix el coneixement íntegre del sistema, incloent-hi el subministrament elèctric, les màquines impulsades mitjançant els accionaments, les condicions ambientals, les proteccions i/o filtres de la bancada, la capacitat regenerativa del sistema, etc. El bon resultat obtingut en un dimensionament pot acabar-se traduint en estalvis considerables.

El nostre cas, es defineix com un sistema de **múltiple accionament** en què s'utilitza una unitat rectificadora independent i les unitats inversores es connecten directament a un enllaç de corrent continu CC comú.

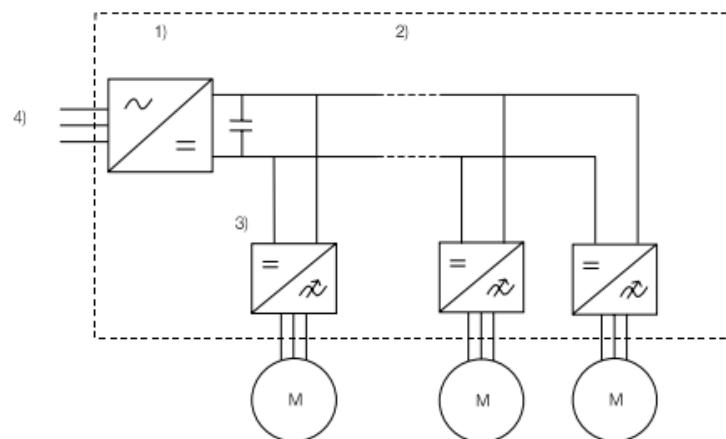
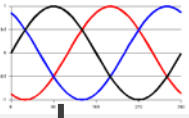






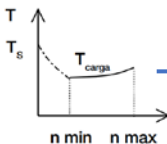
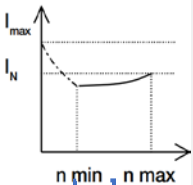
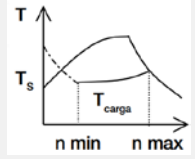
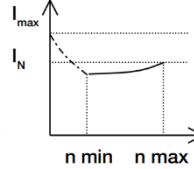
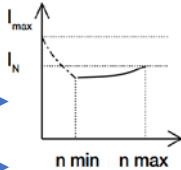


Figura 7.1. Sistema d'accionament dotat de 1) una secció d'alimentació independent, 2) un enllaç comú de CC, 3) seccions d'accionament i 4) subministrament elèctric.

Caldrà doncs, seguir els següents passos per al dimensionament de les màquines i dels convertidors necessaris per al funcionament de la bancada:

- 1) En primer lloc, comprovar les condicions inicials. Per seleccionar un convertidor de freqüència o inversor i el motor correctes, comprovem primer la tensió de xarxa (380-400V) i la freqüència (50 Hz). La freqüència, tanmateix, no limitarà el rang de velocitat de l'aplicació.
- 2) Definir els requisits del procés.
 - a. Cal disposar d'un Parell concret d'arrencada?
 - b. Quin és el rang de velocitat utilitzat?
 - c. Quin tipus de càrrega tenim?
- 3) Seleccionar el motor que s'estudia en funció del motor que actua com a re-generador del sistema. Aquest motor serà una font de parell i haurà d'admetre sobrecàrregues del procés i proporcionar la quantitat de parell concreta requerida. No es podrà superar la capacitat de sobrecàrrega tèrmica del motor. Igualment, en el moment de considerar el parell màxim disponible en el desenvolupament del dimensionament, és necessari deixar un marge d'aproximadament el 30% per al parell màxim del motor.
- 4) Seleccionar els convertidors de freqüència. Aquests se seleccionen segons les condicions inicials i els motors escollits. Els convertidors hauran de ser capaços de produir la intensitat i potència precises i s'haurà de tenir en compte la capacitat de sobrecàrrega potencial del convertidor en cas de càrrega cíclica a curt termini.

En resum, es segueix el procediment que apareix a la següent taula:

Fase Dimensionament (Taula 7.1)	Xarxa AC	Convertidor Alimentació DC	Xarxa DC	Convertidor (Inversor)	Motor (Asíncron)	Càrrega (Motor Síncron)	Convertidor (Inv-Rect.)
							
1). Comprovar les condicions inicials de la xarxa i la càrrega ¹ .	$f_N = 50 \text{ Hz}$ $U_N = 400 \text{ V}$		$U_N = 540 \text{ V}$				
2). Escollir un motor en funció de: <ul style="list-style-type: none"> Capacitat de càrrega tèrmica. Rang de Velocitat Parell màxim necessari 							
3). Escollir un convertidor de freqüència en funció de: <ul style="list-style-type: none"> Tipus de càrrega Corrent continua i màxima Condicions de la xarxa 							
4). Determinar les proteccions i mesura del sistema, tant DC com AC.	Fusibles i Seccionador	-	Fusible	-	-	Filtre LCL	-

¹ Ja que la nostra càrrega comprèn un motor en funcionament de generador, cal definir en primer lloc tant les condicions inicials, com el motor-generador emprat.

7.1.1. Condicions inicials de la xarxa

La xarxa subministra una tensió trifàsica de 400 V i una freqüència de 50 Hz. La potència de la xarxa no la sabem amb exactitud, però direm que està limitada a uns 45 kW, de forma que la utilitat de la bancada es multiplica si el motor que volem assajar supera aquesta potència considerablement.

7.1.2. Condicions inicials de la càrrega

La càrrega amb la qual treballa el motor d'estudi és un generador en el qual es pot variar el parell de frenada fent-lo així constant. Definim, per tant, una càrrega a parell constant amb una potència de 70 kW.

A més a més, la càrrega es dimensiona segona el mode de funcionament: amb una velocitat nominal de 1500 min⁻¹ i un parell de:

$$\Gamma = \frac{P_M}{n \cdot \frac{2\pi}{60}} = \frac{70000}{50\pi} = 445,63 \text{ Nm} \quad [\text{Eq. 1.5.}]$$

Si es vol definir altres característiques, cal buscar detingudament un motor síncron amb aquests paràmetres. Amb l'ajuda de diversos tècnics i comercials de l'empresa tecnològica SIEMENS, s'aconsegueix obtenir el motor de la sèrie SINAMICS, 3-ph, model 1PH8184-2-F.

El motor treballa a una tensió nominal de 400 Vac, una potència de sortida d'uns 70 kW i una velocitat de gir de 1500 min⁻¹. Efectivament, el parell nominal val 446 Nm.

7.1.3. Convertidor d'alimentació de corrent continu

Per a definir les característiques del convertidor i les condicions de xarxa en el Bus DC, definirem un convertidor del tipus rectificador que estarà dimensionat per la potència normalitzada immediatament superior a la diferència regenerativa aconseguida gràcies al motor que actua de generador.

És a dir,

$$P_{AC/DC} = P_{MOTOR} - P_{GENERADA} = 70 - 61 = 9,0 \text{ kW} \quad [\text{Eq. 1.6.}]$$

Ja que la potència resultant és d'un valor molt petit, s'escull la unitat rectificadora de díodes DSU de 55 kVA. El mateix fabricant ABB amb model ACS880-307-0080A-3+A003.

Per a determinar la tensió en el bus de contínua, apliquem la següent fórmula i substituïm els valors pels nominals del convertidor rectificador:

$$U_{CC} \cdot I_{CC} = \sqrt{3} \cdot U_{CA} \cdot I_{CA} \cdot \cos\varphi$$
$$U_{CC} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 80 \cdot 0,95}{98} = 538 \text{ V} \quad [\text{Eq. 1.7.}]$$

Per tant, queda definida la tensió del bus DC en **540 V**.

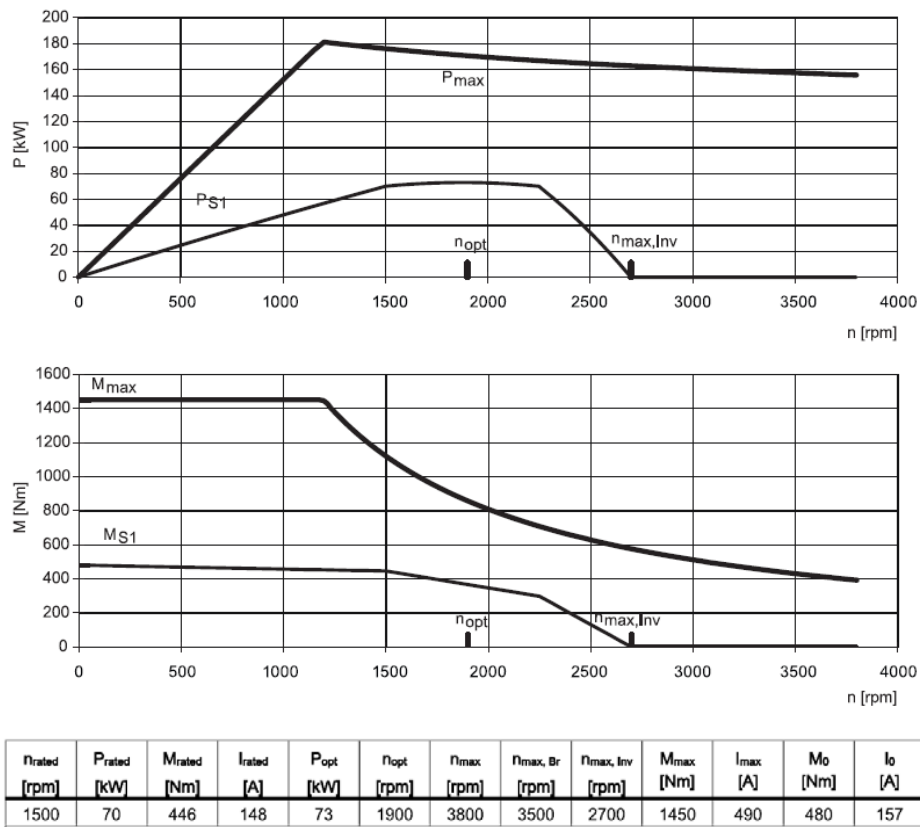
7.1.4. Motor síncron - Generador

Una vegada tenim definides les característiques del bus de corrent continu i disposem també dels paràmetres que ens defineixen el nostre generador escollit, podem assignar-li un accionament del tipus inversor.

El Software *DriveSize* d'ABB, permet caracteritzar un motor amb els paràmetres i rangs que el defineixen, com és el motor síncron d'imants permanents escollit. Vegi's la següent informació a introduir al programa:

- *Tipus de càrrega:* Parell constant
- *Velocitat:* mínima de 300 rpm i base de 1500
- *Potència:* mínima de 14 kW i base de 70
- *Sobrecàrrega:* 100 %
- *Tipus de motor:* PM Motor

Les gràfiques resultants del motor escollit de SIEMENS, són les següents:



Totes les premisses són superades correctament amb molt poc marge:

		Requerit	Resultat	Marge
Parell	$n_{min} = 300$	446 Nm	492 Nm	10,3 %
	$n_{base} = 1500$	446 Nm	446 Nm	0 %
Potència	$n_{min} = 300$	14 kW	18 kW	28%
	$n_{base} = 1500$	70 kW	70 kW	0%
Sobrecàrrega	$n_{min} = 300$	446 Nm	1450 Nm	225%
	$n_{base} = 1500$	446 Nm	1125 Nm	152%

Figura 7.2. Corba parell i potència en funció de la velocitat del motor **Taula 7.2.** Marge entre paràmetres requerits i reals del motor

7.1.5. Convertidor del generador

Seguidament, es pot seleccionar a través del programa *DriveSize* un motor que s'hi assembli en termes de potència i corrent per tal de dimensionar el seu inversor d'accionament.

Ja que la tensió nominal del motor PM és de 308 V, el corrent resultant nominal de sortida del motor és de 148 A, segons característiques del fabricant.

Tanmateix, per a determinar l'inversor que accionarà i controlarà aquest motor cal saber-ne aproximadament la potència (com a mínim la del motor) i el corrent en DC nominal que haurà de suportar.

$$I_{DC} = \frac{P_{N,MOTOR}}{U_{BUS,DC}} = \frac{70057}{538} = 130,22 \text{ A} \quad [Eq. 1.8.]$$

Amb les consideracions anteriors, el programa ens ofereix un inversor de model ACS880-107-0170A-3 de 90 kW de potència i un corrent nominal de 169 A.

La gràfica corresponent a l'inversor és la següent:

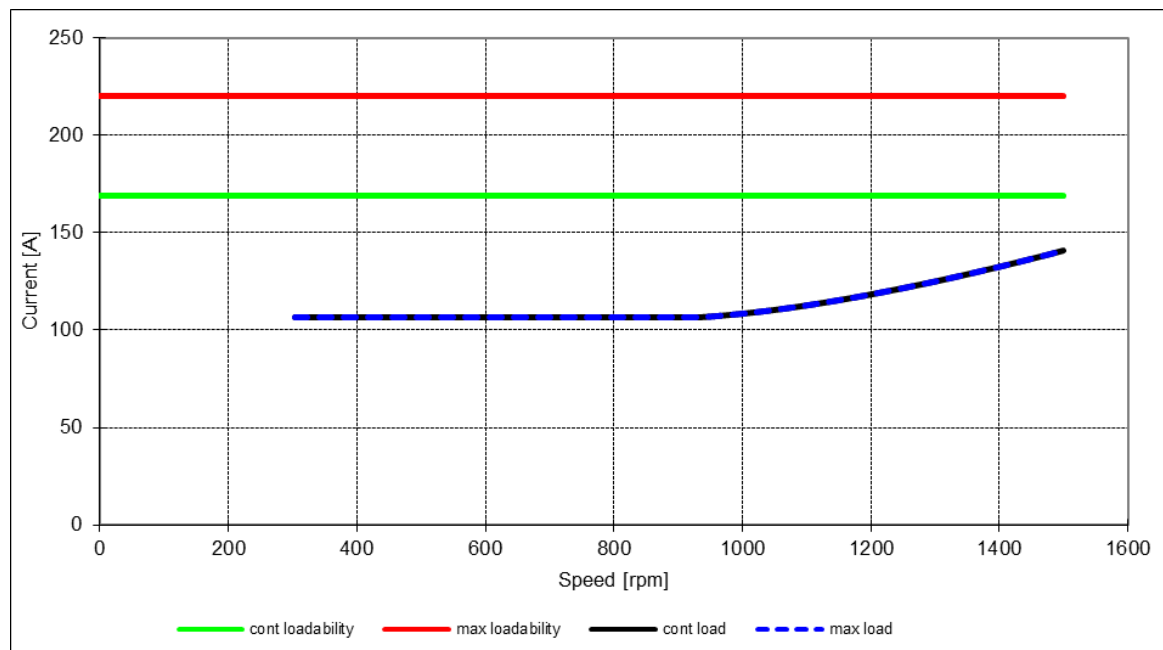


Figura 7.3. Corna corrent-velocitat del convertidor en funció del % de càrrega

Les dades resultants de l'inversor escollit, apareixen a la taula següent:

		Requerit	Resultat	Marge
Corrent DC	$n_{min} = 300$	131,2 A	169 A	28,8 %
	$n_{base} = 1500$	131,2 A	220 A	67,7 %
Potència	$n_{min} = 300$	14 kW	25 kW	78 %
	$n_{base} = 1500$	70 kW	90 kW	28,5 %

Taula 7.3. Marge entre paràmetres requerits i reals del convertidor

7.1.6. Motor asíncron d'estudi

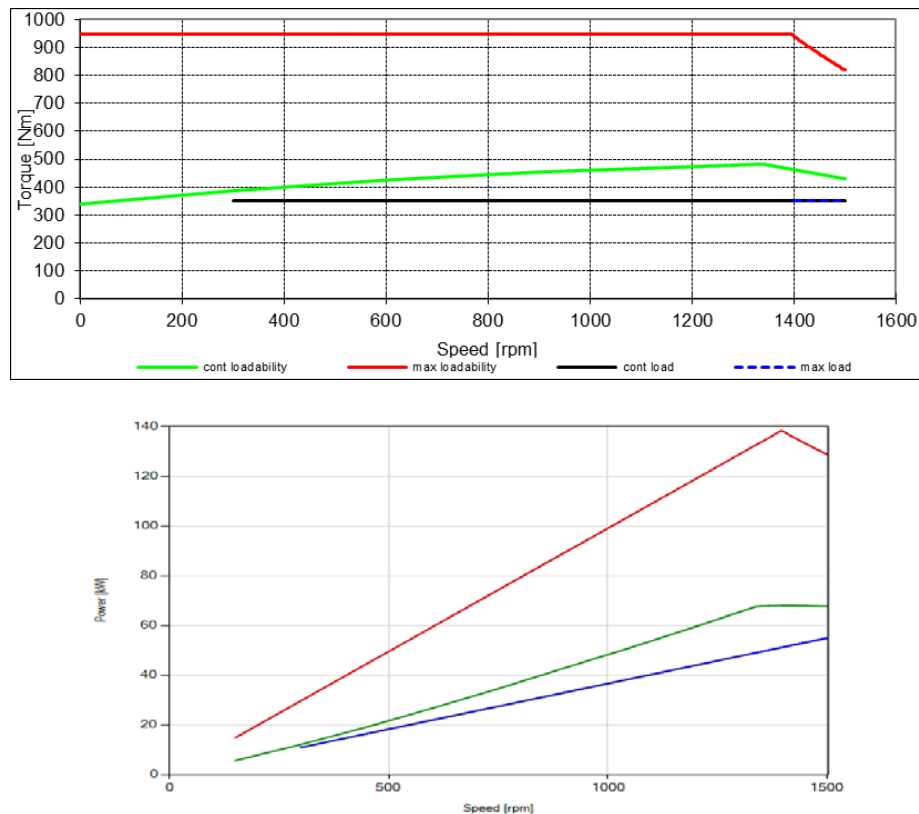
Després de definir correctament els paràmetres del motor-generador síncron i el seu convertidor, així com les condicions inicials del bus de corrent continu, podem exemplificar un motor asíncron que representaria la màquina que es vol assajar o testar.

Com a consideració prèvia, només es procura que la potència d'aquest motor sigui menor a la potència del nostre generador i que es tracti d'un motor asíncron.

Es tornen a introduir les especificacions i tipus de càrrega del motor buscat:

- *Tipus de càrrega:* Parell constant
- *Velocitat:* mínima de 300 rpm i base de 1500
- *Potència:* mínima de 11 kW i base de 55
- *Sobrecàrrega:* 100 %
- *Tipus de motor:* AS Motor

El DriveSize ens dóna com a opció el motor M3BP 280SMB 4, amb les corbes següents:



		Requerit	Resultat	Marge
Parell	$n_{min} = 300$	400 Nm	388 Nm	-9,7 %
	$n_{base} = 1500$	400 Nm	453 Nm	13 %
Potència	$n_{min} = 300$	14 kW	12,2 kW	-14 %
	$n_{base} = 1500$	70 kW	72 kW	2 %
Sobrecàrrega	$n_{min} = 300$	400 Nm	947 Nm	136 %
	$n_{base} = 1500$	400 Nm	820 Nm	105 %

Figura 7.4. Corba parell i potència en funció de la velocitat del motor. **Taula 7.4.** Marge entre paràmetres requerits i reals del motor

7.1.7. Convertidor motor d'estudi

Altres vegades, per determinar el convertidor que accionarà el motor i en controlarà la velocitat i el parell cal saber-ne tant la potència aproximada, superior a 55000 W, i el corrent continu pel qual estarà dissenyat:

$$I_{DC} = \frac{P_{N,MOTOR}/\eta}{U_{BUS,DC}} = \frac{70000}{538 \cdot 0,95} = 136,9 \text{ A} \quad [Eq. 1.9.]$$

El corrent màxim el definirem amb el mateix valor que el corrent calculat a l'anterior equació, 107,6 A.

Amb les consideracions anteriors, el programa ens ofereix un inversor de model ACS880-107-0140A-3 de 75 kW de potència i un corrent nominal de 141 A.

La gràfica corresponent a l'inversor és la següent:

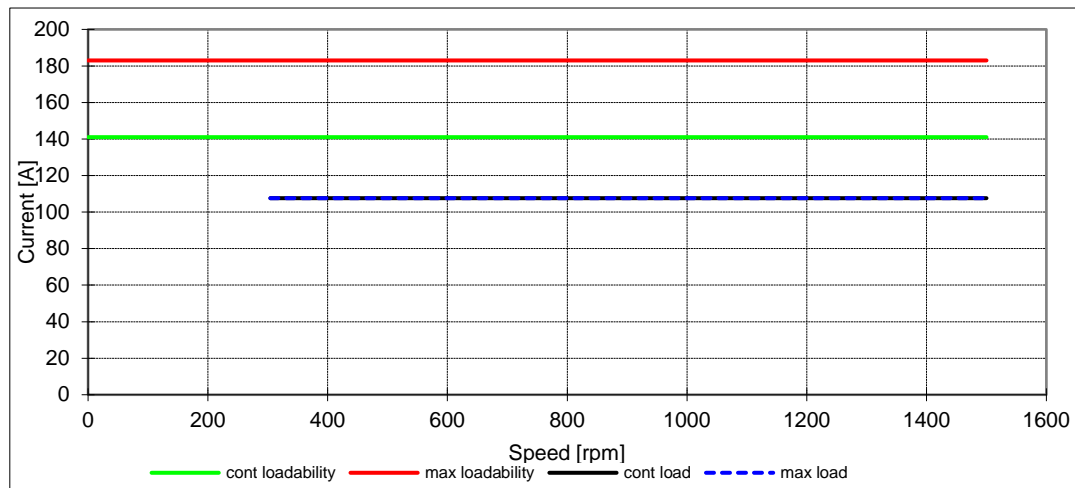


Figura 7.5. Corba corrent-velocitat del convertidor en funció del % de càrrega

Les dades resultants de l'inversor escollit, apareixen a la taula següent:

		Requerit	Resultat	Marge
Corrent DC	$n_{min} = 300$	136 A	141 A	3 %
	$n_{base} = 1500$	136 A	183 A	34 %
Potència	$n_{min} = 300$	14 kW	15 kW	7 %
	$n_{base} = 1500$	70 kW	75 kW	7 %

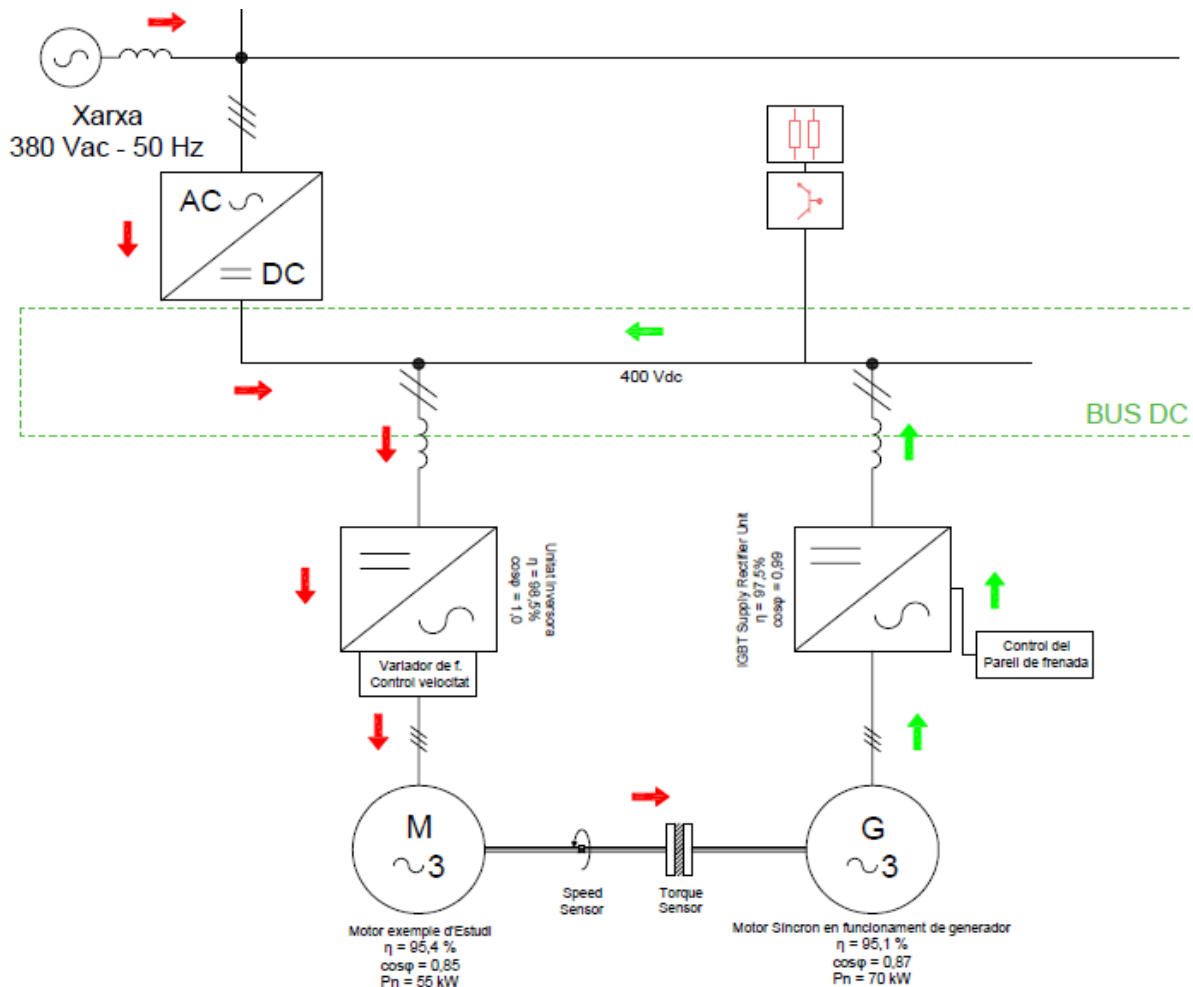
Taula 7.5. Marge entre paràmetres requerits i reals del convertidor

Amb l'ajut del programa i dels simples càlculs realitzats, queden definit els elements principals de la bancada d'assaig, els quals comprenen les dues màquines i els tres convertidors.

Tot seguit només mancarà el càlcul i dimensionament de les seccions del cablejat i de les proteccions necessàries en corrent continu i corrent altern.

7.2. Flux de potències del Dimensionament 1

Per poder dur a terme una primera aproximació del flux de potències generat en la bancada objecte d'aquest treball, es realitza un esquema amb el sentit de l'energia amb l'ajuda de fletxes representades en dos colors. Les fletxes vermelles indiquen el corrent que és consumit i les fletxes verdes indiquen el corrent que és generat. Vegi's la següent figura:

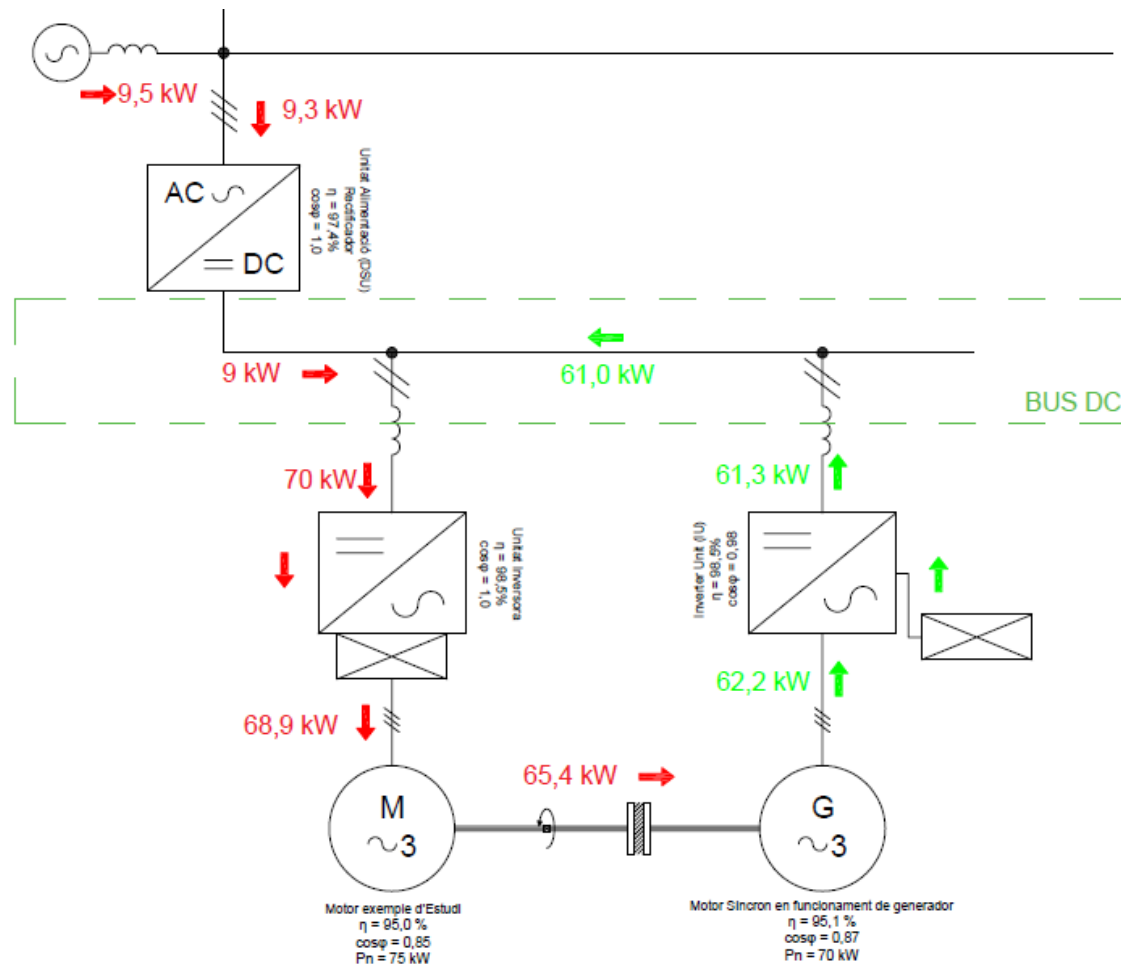


Tenint en compte només els rendiments de cada aparell i considerant les pèrdues en el cablejat totalment negligibles, es pot determinar de forma aproximada la potència consumida de la xarxa per tal d'estudiar el motor en plena càrrega (100%).

D'aquesta manera, es considera que el motor asíncron necessita 70 kW per a poder treballar dins dels paràmetres nominals. Al mateix temps, s'entén que el seu rendiment farà que d'aquests 70 kW, només una part majoritària serà convertida en energia mecànica que permetrà fer girar l'eix del motor síncron que, per la seva banda, convertirà l'energia mecànica en elèctrica funcionant com a generador. Altra vegada, aquest motor comprèn un rendiment que determinarà quina quantitat d'energia mecànica serà transferida al convertidor en forma d'energia elèctrica.

Lògicament, els convertidors estan definits sota uns altres rendiments que han d'esser considerats per a calcular el flux de potències.

D'aquesta manera, tenim que:



Per accionar el motor i fer-lo girar a plena càrrega, consumint poc menys que 70 kW de potència, només $9,5 \text{ kW}$ aproximadament seran consumits pròpiament de la xarxa.

Per tant només un $13,5\%$ de l'energia requerida pel motor, per al seu bon funcionament, serà consumida directament de la xarxa. L'altre 86% de l'energia restant serà generada pel motor síncron com a generador i injectada al bus DC per tal que el motor pugui consumir-la en el mateix instant de la seva generació.

Si fem el càlcul per a potències de consum del motor tant inferiors com superiors, veurem que els percentatge anteriorment determinats es repeteixen. Per tant, l'energia consumida de la xarxa i consumida de la generació serà, proporcionalment, la mateixa que en tots els altres casos sempre i quan els rendiments de les màquines i dels convertidors no variïn.

Certament, el rendiment de les dues màquines varia en funció de la càrrega a la qual estan sotmesos. En aquest cas, només ens hem de fixar en el motor objecte d'estudi, el qual segons si treballa a plena càrrega, a un terç o a un mig de càrrega, el seu rendiment oscil·la entre $95,4$ i $95,9\%$, cosa que pràcticament és insignificant.

7.3. Resum dels elements escollits: Dimensionament 1

En l'apartat següent es mostren les taules resum amb els paràmetres característics de cadascun dels elements que conformen la bancada d'assaig de motors pel primer dimensionament.

7.3.1. Convertidor AC/DC del bus – Diode Supply Unit (DSU)

Fabricant	ABB (Diode supply unit)
Model	ACS880-307-0080A-3+A003
Tipus de rectificador	6D6 6-puls díode
Característiques sortida (OUTPUT)	
Tensió nominal d'entrada	400 V
Rang de Tensions	380 – 415 V
Corrent nominal entrada (DC)	98 A
Corrent màxim d'entrada (DC)	137 A
Potència sense sobrecàrrega (DC)	53 kW
Potència amb sobrecàrrega suau² (DC)	51 kW
Potència amb alta sobrecàrrega³ (DC)	42 kW
Calor dissipat (pèrdues)	1,4 kW
Característiques entrada (INPUT)	
Corrent nominal (AC)	80 A
Tensió nominal de sortida (AC)	400 V
Potència aparent (AC)	55 kVA
Factor de potència – $\cos \varphi$	0,95
Rendiment	97,4 %

Taula 7.6. Taula resum característiques element rectificador

² *Light-overload use:*

I_{Ld} : Corrent continu permetent el 110% d' I_{Ld} durant 1 min/5 min a 40 °C

P_{Ld} : Potència típica del motor en *light-overload* ús.

³ *Heavy-duty use:*

I_{Hd} : Corrent continu permetent el 150% d' I_{Hd} durant 1 min/5 min a 40 °C

P_{Hd} : Potència típica del motor en *heavy-duty* ús.

7.3.2. Unitat inversora del motor d'estudi

Fabricant	ABB
Model	ACS880-107-0140A-3
Mida del marc de l'inversor	R6i ⁴
Característiques entrada (INPUT)	
Tensió nominal d'entrada i sortida	400 V
Rang de Tensions	380 – 415 V
Característiques sortida (OUPUT)	
Corrent nominal (AC)	141 A
Corrent màxim (AC)	183 A
Potència nominal (AC)	75 kW
Corrent amb sobrecàrrega lleugera (AC)	135 A
Potència amb sobrecàrrega lleugera (AC)	75 kW
Corrent amb ús intensiu de sobrecàrrega (AC)	105 A
Potència amb ús intensiu de sobrecàrrega (AC)	55 kW
Dissipació de calor – pèrdues	1,1 kW
Rendiment nominal	98,5 %
Valors calculats	
Corrent nominal pel motor	$I_{N-motor} = \frac{P_{N-motor}}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{75000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85 \cdot 0,95} = 132,5 \text{ A}$ $I_{N-motor(AC)} \leq I_{N-CONVERTmax(AC)}$ $I_{N-motor(DC)} \leq I_{N-CONVERTmax(DC)}$ $132,5 \leq 183 \text{ A}$ $139 \leq 183 \text{ A}$

Taula 7.7. Taula resum característiques element inversor 1

⁴ 2145x400x636mm i 250 kg

7.3.3. Motor asíncron d'estudi

Fabricant	ABB
Model	M3BP 280SMB 4
Tipus	Asíncron trifàsic
Potència nominal	75 kW
Tensió nominal	400 V
Rang de Tensions	380 – 690 V
Velocitat nominal	1485 min ⁻¹
Número de pols	4
Corrent nominal (AC)	133 A
I_S/I_N	6,4
Parell nominal	483 Nm
M_I/M_N	2,3
M_b/M_N	2,8
Resistència per fase	0,04906 Ω
Rendiment a 100% càrrega	95,0 %
Rendiment a ¾ càrrega	95,2 %
Rendiment a ½ càrrega	94,8 %
Factor de potència (cos φ)	0,86
Moment d'inèrcia (J)	1,380 kg·m ²
Pes	645 kg
Valors calculats	
Potència sortida	$P_{out} = \eta \cdot \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_N \cdot \cos \varphi$ $= 0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 133 \cdot 0,86$ $= 75,282 \text{ kW}$

Taula 7.8. Taula resum característiques element motor objecte d'estudi

7.3.4. Motor síncron generador

Fabricant	SIEMENS
Model	1PH8148-2-F (Connexió Y)
Tipus	Síncron d'imants permanents (PM)
Potència sortida	70 kW
Tensió nominal	308 V
Tensió línia	400 V
Velocitat nominal	1500 min ⁻¹
Velocitat màxima	3800 min ⁻¹
Número de pols	4
Freqüència nominal	100 Hz
Corrent nominal (AC)	148 A
Corrent de frenada (AC)	157 A
Parell nominal	446 Nm
Parell estàtic	480 Nm
Rendiment	95,1 %
Factor de potència (cos φ)	0,87
Moment d'inèrcia (J)	0,46 kg·m ²
Pes aprox.	330 kg
Factors sobrecàrrega	S6 – 60% (1,1) S6 – 40% (1,2) S6 – 25% (1,5)
Valors calculats	
Potència sortida	$P_{outMax} = M \cdot n = 446 \cdot 1500 \cdot \frac{2\pi}{60} = 70,057 \text{ kW}$

Taula 7.9. Taula resum característiques element motor en funcionament de generador

7.3.5. Unitat inversora del motor generador

Fabricant	ABB
Model	ACS880-107-0170A-3
Mida del marc de l'inversor	R6i ⁵
Característiques entrada (INPUT)	
Tensió nominal d'entrada i sortida	400 V
Rang de Tensions	380 – 415 V
Característiques sortida (OUTPUT)	
Corrent nominal (AC)	169 A
Corrent màxim (AC)	220 A
Potència nominal (AC)	90 kW
Corrent amb sobrecàrrega lleugera (AC)	162 A
Potència amb sobrecàrrega lleugera (AC)	90 kW
Corrent amb ús intensiu de sobrecàrrega (AC)	126 A
Potència amb ús intensiu de sobrecàrrega (AC)	55 kW
Dissipació de calor – pèrdues	1,4 kW
Rendiment nominal	98,4 %
Factor de potència – cos φ	0,98
Valors calculats	
Corrent nominal sortida del generador	$I_{N-generador} = \frac{P_{N-motor}}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos \varphi} \cdot \eta = \frac{70000 \cdot 0.951}{\sqrt{3} \cdot 308 \cdot 0.87}$ $= 143,4 \text{ A}$ $I_{N-generador} \leq I_{N-Convertidor}$ $143,4 \leq 169 \text{ A}$

Taula 7.9. Taula resum característiques element inversor 2

⁵ 2145x400x636mm i 250 kg

7.4. Seccions del cablejat dimensionament 1

Ja que les connexions dels elements es realitzen en distàncies molt curtes no es defineix una caiguda de tensió que sigui considerable, de forma que es determinen les seccions en funció dels corrents màxims i nominals que han de suportar. Tot fent prevaler la norma ITC-BT-19 del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.

Per dimensionar les seccions cal també definir el tipus de cable, material i el material d'aïllament:

- **PVC** – Material termoplàstic
- **Material Conductor** – Coure (Cu)
- **Tipus B** – Conductors aïllats en tubs en muntatge superficial.

El número de fases vindrà determinat segons si el tram es trifàsic i altern o monofàsic i e corrent continu.

En últim terme, cal considerar que les connexions dins els blocs homologats d'ABB, es duen a terme a través d'embarrats de coure ja preparats per suportar els corrents que seguidament s'especifiquen. És a dir, que la connexió entre el convertidor de xarxa rectificador i els dos inversors de les màquines es realitzen a través d'embarrats tal i com apareix als plànols.

7.4.1. Tram 1: de xarxa a convertidor d'alimentació

Tenint en compte que el tram és trifàsic i altern, necessitem un 3XPVC en la fila B de la *Taula 1. Intensitats admissibles (A) a l'aire 40 °C en funció del número de conductors amb càrrega i naturalesa d'aïllament.* de la ITC-BT-19.

El dimensionament natural és prendre la potència alterna nominal del convertidor i calcular-ne el corrent trifàsic:

$$I_N = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{55000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 79,38 \text{ A} \quad [Eq. 1.10.]$$

El corrent immediatament superior a la taula val 95⁶ A i comprèn amb una secció de cable de 35 mm².

Per tant el TRAM 1 queda definit de la següent manera:

3x35mm² + 1x16mm²(Cu)
RZ1 – K 0,6/1kV AS Longitud: 2m

La secció del neutre és irrellevant en el tram considerat ja que els motors treballaran amb les tres fases i els convertidors transformaran la tensió en contínua o alterna, segons el cas, només en les tres fases.



⁶ En cap cas circularà aquest corrent ja que la bancada regenera i el corrent que prové de la xarxa serà de l'ordre dels 11 A. Tanmateix es dimensiona aquest tram per aquesta corrent però no les proteccions.

7.4.2. Tram 2: d'inversor 1 a motor d'estudi

Tenint en compte que el tram és trifàsic i altern, necessitem un 3XPVC en la fila B de la *Taula 1. Intensitats admissibles (A) a l'aire 40 °C en funció del número de conductors amb càrrega i naturalesa d'aïllament.* de la ITC-BT-19.

Prenem altra vegada el corrent nominal altern del motor que segons la fitxa tècnica del fabricant val 133 A. Tanmateix, el dimensionarem pel corrent que circularà en cas que la potència de sortida sigui de 55 kW, per la qual hem dimensionat els altres paràmetres.

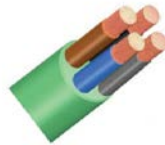
En aquest cas, el corrent que circularà valdrà:

$$I_N = \frac{P_N}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{70000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,86 \cdot 0,95} = 123,6 \text{ A} \quad [\text{Eq. 1.11.}]$$

Ja que el valor calculat és superior als 116 A que apareixen a la taula hem d'agafar el valor immediatament superior de 148 A. D'aquesta manera podrem portar el motor a una zona de treball més potent. La secció en aquest cas valdrà 70 mm².

Per tant, el TRAM 2 queda definit de la següent manera:

3x70mm² + 1x16mm²(Cu)
RZ1 – K 0,6/1kVAS Longitud: 3 m



7.4.3. Tram 3: d'inversor 2 a motor generador

Tenint en compte que el tram és trifàsic i altern, necessitem un 3XPVC en la fila B de la *Taula 1. Intensitats admissibles (A) a l'aire 40 °C en funció del número de conductors amb càrrega i naturalesa d'aïllament.* de la ITC-BT-19.

El corrent nominal del generador quan la potència i la tensió són nominals, val 148 A, segons la fitxa tècnica del fabricant.

Suposant, doncs, que el motor treballa en aquests condicions, la secció del tram ha de ser de 70 mm².

Per tant, el TRAM 3 queda definit de la següent manera:

3x70mm² + 1x16mm²(Cu)
RZ1 – K 0,6/1kVAS Longitud: 3 m



7.4.4. Tram 4: barres de corrent continu del bus DC

El corrent circulant per aquest tram o bus ve definit per la potència trifàsica que el generador indueix al seu convertidor que, aquest últim, converteix en forma de monofàsica i contínua. L'anterior consideració, implica que, tot i que l'inversor sigui dimensionat en 90 kW, la potència que s'utilitza a l'hora de calcular el corrent DC del bus ve determinada per la potència del generador, de 70 kW.

Aleshores, la potència elèctrica de sortida del generador és la potència mecànica d'entrada aplicant-li llur rendiment:

$$P_E = P_M \cdot \eta = 70000 \cdot 0,951 = 66,570 \text{ kW} \quad [\text{Eq. 1.12.}]$$

Aquesta potència refereix a la nominal alterna d'entrada del convertidor: la potència de sortida contínua és aquesta última aplicant-li el rendiment del convertidor:

$$P_{out,DC} = P_{in,AC} \cdot \eta = 66570 \cdot 0,985 = 65,571 \text{ kW} \quad [\text{Eq. 1.13.}]$$

Amb el valor calculat de la potència DC del bus i el valor de la tensió U_{CC} del tram considerat, es pot determinar la corrent nominal del tram en corrent continu en les condicions nominals de funcionament de la bancada.

$$I_{DC} = \frac{P_{out,DC}}{U_{BUS,DC}} = \frac{65571}{538} = 122 \text{ A} \quad [\text{Eq. 1.14.}]$$

Suposant, doncs, que la generació provocada pel motor és la definida en condicions normals i que el convertidor té les pèrdues indicades, la secció del tram ha de ser de 50 mm², segons la mateixa taula de la ITC-BT-19.

Per tant, el TRAM 4 queda definit de la següent manera:

1P + N 50mm²(Cu) – DC
RZ1 – K 0,6/1kVAS Longitud: 3 m

Tal i com s'ha indicat anteriorment, la secció d'aquest últim tram és només indicativa del valor que hauria de tenir per suportar el corrent en funcionament nominal de la bancada, ja que les connexions del bus DC es duen a terme mitjançant l'ús d'embarrats de coure dins els blocs d'ABB.

7.4.5. Secció del cable de protecció

Per a connectar totes les parts i elements de la bancada a terra s'utilitza un embarrat especialment dissenyat per aquest ús. L'embarrat discorre de baix a d'alt per cada un dels blocs d'entrada, alimentació i col·locació d'inversors permetent connectar-los directament en els seus múltiples bornes.

El cablejat de sortida d'aquest embarrat és un **1x16mm²(Cu) – AC** amb el codi de colors verd i groc tal com s'indica a la mateixa ITC. En total 5 metres d'aquets cable.



7.5. Proteccions dimensionament 1

Més enllà de les proteccions i filtres interns que ofereixen els mòduls d'ABB utilitzats en la bancada d'assaig, cal protegir les línies tant en la part de corrent altern com en la part de corrent continu.

Quan es fa ús d'un mòdul d'alimentació, com en el cas que ens ocupa, aquest inclou tots els altres mòduls distribuïts en blocs verticals:



Figura 7.6. Distribució dels mòduls del tipus Multi-accionament amb bus DC (ACS880-307) en diversos blocs.

Gràcies a la simplicitat del sistema, aquest permet disposar en el mòdul número 1 les proteccions de corrent altern a les ranures especialment dissenyades per a tal fi.

7.5.1. Proteccions en corrent altern (AC)

Bàsicament, està format per unes ranures on s'hi connecta un fusible per fase i un espai reservat per a la col·locació d'un interruptor magneto-tèrmica amb protecció diferencial toroïdal.

Ja que la corrent trifàsica de la xarxa d'entrada a la bancada ha estat dimensionada per un valor de 79,38 A, es disposaran tres fusibles del corrent nominal igual a 80 A.

Es seleccionen els fusibles **gG** de **80 A** del fabricant SIEMENS amb les característiques següents:

- Poder de tall 8 kA a 400 Vdc i 50 kA a 500 Vac
- Tensió nominal 400-500Vac
- Calibre 80 A



Figura 7.7. Fusibles del mòdul d'entrada, 80 A gG

Per determinar el valor del corrent de l'interruptor magneto-tèrmic, cal que ens fixem en el corrent real que circularà pel mòdul d'alimentació (Diode Supply Unit, DSU) en el cas que la bancada regeneri, que serà sempre en exempció de treball del motor d'estudi en el buit o amb el rotor bloquejat.

Per tant, si en condicions nominals, la bancada consumeix uns 9,5 kW de la xarxa dels 70 que el motor d'estudi necessita, el corrent nominal que prové de la xarxa és:

$$I_N = \frac{P_{grid}}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{9500}{\sqrt{3} \cdot 400} = 13,7 \text{ A} \quad [Eq. 1.15.]$$

Per no connectar un interruptor tan petit en comparació als fusibles i per donar un marge alt en altres possibles funcionaments de la bancada en què els corrents puguin ser múltiples vegades el corrent calculat, es decideix posar un interruptor magneto-tèrmic de tres pols i 63 A de calibre i un diferencial de quatre pols i 63 A de calibre, esquematitzat com a toroïdal als plànols adjunts.

Les característiques del interruptor automàtic magneto-tèrmic són les següents:

- Fabricant SCHNEIDER ELECTRIC
- Model iC60N
- Corrent nominal 63 A
- Poder de tall 6 kA
- N° de pols 3P



Les característiques del interruptor diferencial automàtic són les següents:

- Fabricant LEGRAND
- Model DX3-ID
- Corrent nominal 63 A
- N° de pols 4P
- Sensibilitat 300mA



7.5.2. Proteccions en corrent continu (DC)

En el bus de corrent continu (DC) només cal determinar les proteccions contra les sobreintensitats que puguin aparèixer al llarg del funcionament de la bancada, per tant, dels fusibles.

D'aquesta manera, com s'ha observat al capítol de dimensionament del inversor referent al motor que actua de generador, el corrent DC en condicions nominals de funcionament del generador, val:

$$I_{DC} = \frac{P_{N,MOTOR}}{U_{BUS,DC}} = \frac{70057}{538} = 130,22 \text{ A} \quad [Eq. 1.16.]$$

Amb el càlcul anterior s'escull un fusible del corrent normalitzat immediatament superior, 160 A. Gràcies a la potència un pèl sobredimensionada del inversor, de 90 kW, amb uns fusibles de 160 A i una tensió del bus de 540 V, podem injectar-li una potència de fins a:

$$P_{N,DC} = I_{CC,fuses} \cdot U_{CC} = 160 \cdot 540 = 86,4 \text{ kW} \quad [Eq. 1.17.]$$

Pràcticament assoleix una potència de 90 kW, que aplicant-li els rendiments corresponents del generador i del convertidor, significaria una potència mecànica de generació màxima de:

$$P_{G,max} = \frac{P_{N,DC}}{\eta_G \eta_{INV}} = \frac{86400}{0,951 \cdot 0,985} = 92,23 \text{ kW} \quad [Eq. 1.18.]$$

D'aquesta manera, es compleix amb el límit de corrent dels fusibles tot respectant la potència nominal sobredimensionada del inversor, de 90 kW.

Les característiques del fusible implementat en el bus de corrent continu DC són les següents:

- Fabricant SIEMENS
- Model 3NA3
- Tipus fusible gG
- Corrent nominal 160 A
- Tensió nominal 500Vac i 450Vdc



Figura 7.8. Fusible del bus de corrent continu, 160 A gG

NOTA: Si, per la raó que sigui, l'anterior fusible del bus DC salta i talla la línia, l'energia que consumeix el motor procedeix directament de la xarxa en la seva totalitat i l'energia generada pel motor no pot dissipar-se. És per aquest motiu que es dimensionen les proteccions de la xarxa de la manera explicitada i en mesura inferior: per tal que l'interruptor automàtic magneto-tèrmic actui i talli el subministrament en el moment que el fusible del bus talli la regeneració.

8. Dimensionament 2: 3000 rpm i 300 Nm

En el present capítol es mostra de la forma més detallada i específica com es dimensiona el sistema i el resultat obtingut en el segon mode de funcionament en què la potència mecànica del motor és de 94 kW

8.1. Dimensionament

8.1.1. Motor síncron generador

En aquest segon dimensionament s'obvia la seqüència de càlcul anteriorment realitzada i s'exposen els resultats de la forma més concloent possible.

Al disposar de la velocitat i el parell al qual el generador ha de ser capaç de funcionar en condicions pròximes a les nominals, podem saber la potència aproximada del nostre motor en funcionament regeneratiu:

$$P_M = M_n \cdot \omega_n = 300 \cdot 3000 \cdot \frac{2\pi}{60} = 94,25 \text{ kW} \quad [Eq. 1.19.]$$

Si considerem les mateixes condicions inicials tant de la xarxa com del bus de corrent continu, DC, podem disposar-nos a seleccionar un motor síncron trifàsic per al segon dimensionament de la bancada. Vegi's en els gràfics del primer motor com la velocitat màxima en funcionament invers era d'uns 2700 Nm, cosa que no ens permet utilitzar el mateix en aquest capítol.

S'escull el motor del fabricant **SIEMENS** model **1PH8167**, amb una velocitat sincrònica nominal de 2800 min^{-1} i un parell nominal de 335 Nm resultant una potència mecànica de 98 kW a 400 V, entre d'altres característiques que apareixen a l'annex de fitxes tècniques.

A continuació es mostren les corbes característiques del motor del parell i la potència en funció de la velocitat:

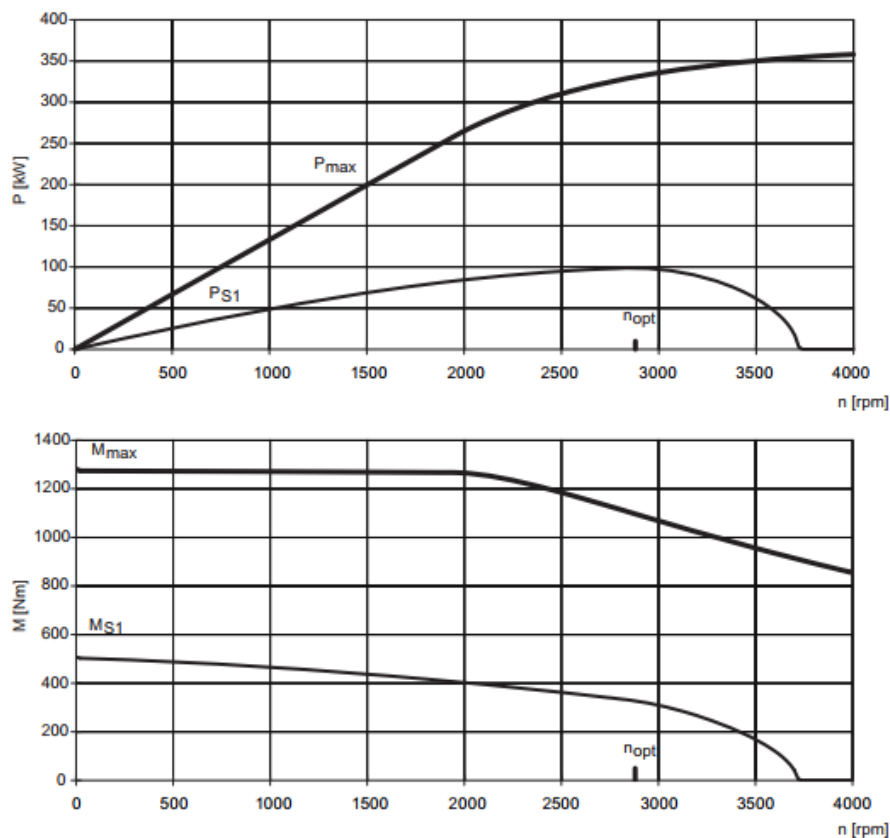


Figura 8.1. Corba parell i potència en funció de la velocitat del generador escollit

Algunes dels paràmetres nominals o límit del motor escollit per a regenerar són els que apareixen a la següent taula:

n_{rated} [rpm]	P_{rated} [kW]	M_{rated} [Nm]	I_{rated} [A]	P_{opt} [kW]	n_{opt} [rpm]	n_{max} [rpm]	$n_{max, Br}$ [rpm]	$n_{max, Inv}$ [rpm]	M_{max} [Nm]	I_{max} [A]	M_0 [Nm]	I_0 [A]
2800	98.0	335	164	98.6	2880	4000	4000	>4000	1280	661	500	230

Taula 8.1. Taula dels paràmetres del motor síncron escollit pel segon dimensionament

8.1.2. Unitat inversora del motor síncron

S'aprecia com el motor escollit compleix els requisits inicials per al segon dimensionament de la bancada de proves. Suposant altra vegada que les condicions inicials del bus DC prevalen respecte el primer dimensionament, podem seleccionar un accionament del tipus inversor per al control del parell i la velocitat del motor darrerament escollit.

El corrent màxima que circularà en corrent continu després de passar per l'inversor que es vol seleccionar es calcula:

$$I_{DC} = \frac{P_{N, MOTOR}}{U_{BUS, DC}} = \frac{335 \cdot 2880 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot \eta}{538} = 180,1 \text{ A} \quad [Eq. 1.20.]$$

El software DriveSize ens dimensiona un accionament del tipus "unitat inversora" del fabricant **ABB** model **ACS880-107-0210A-3** i un corrent nominal en contínua de 210 A. Vegi's les gràfiques corresponents a l'inversor escollit:

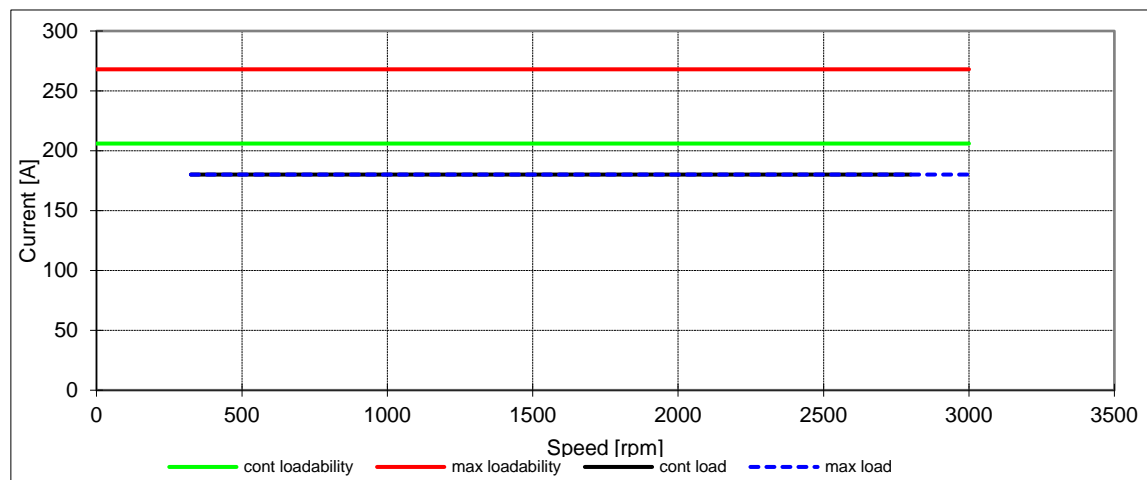


Figura 8.2. Gràfic de I-ω referent al inversor escollit.

		Requerit	Resultat	Marge
Corrent DC	$n_{min} = 300$	180 A	206 A	14 %
	$n_{base} = 2880$	180 A	268 A	49 %
Potència	$n_{min} = 300$	44 kW	110,83 kW	152 %
	$n_{base} = 2880$	98 kW	144,18 kW	47 %

Taula 8.2. Relació paràmetres calculats amb nominals de l'inversor escollit.

Arribats a aquest punt, es comprova que l'inversor es compatible tant amb el motor, per la part de corrent altern, com amb el bus DC, per la part de corrent continu:

- L'inversor treballa de poc més de zero revolucions per minut fins a més de 3000 si així es requereix, suportant fins a una potència de 110 kW. Per tant, es completament compatible amb el motor escollit com a generador.
- El producte del corrent nominal de l'inversor per la tensió del bus DC, ha de ser igual a la potència nominal de l'inversor: $P_{N,INV} = I_{DC} \cdot V_{BUS,DC} = 206 \cdot 538 = 110 \text{ kW}$. Per tant, es veu com l'inversor compleix amb les dues premisses.

8.1.3. Motor asíncron d'estudi

Seguidament, cal dimensionar un motor asíncron d'exemple que s'acoblaria a la màquina generador ja seleccionada, que prengui valors de parell i velocitat nominals semblants a 300Nm i 3000 rpm, respectivament.

Fent la seqüència de càlcul ja explicada en el primer dimensionament, s'arriba a la tria d'un motor asíncron trifàsic del fabricant **ABB** model **M3BP 315SMB 2** i una potència de 110 kW. A continuació, es mostren les gràfiques que descriuen el comportament del parell i la potència en funció de la velocitat a què gira el motor.

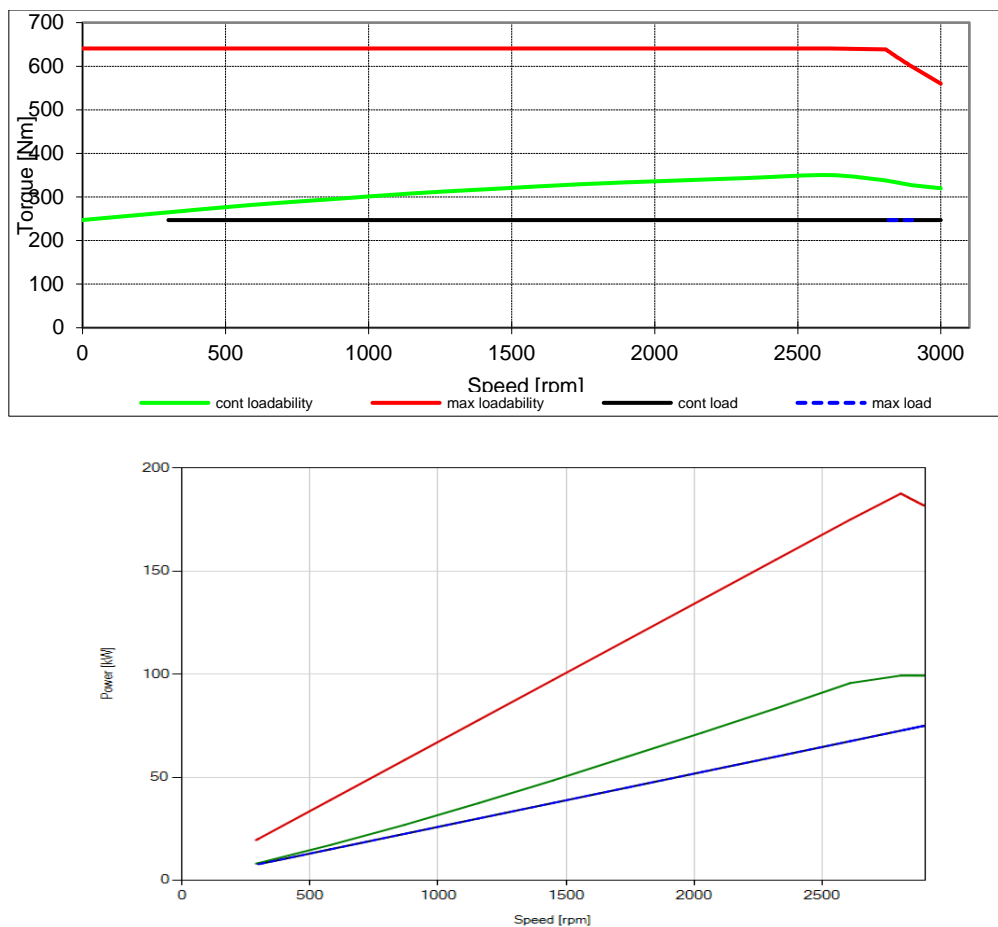


Figura 8.3. Corba parell i potència en funció de la velocitat del motor asíncron escollit d'exemple

Com es veu tot seguit, el motor compleix amb les característiques prèvies imposades per al seu dimensionament:

		Requerit	Resultat	Marge
Parell	$n_{min} = 300$	247 Nm	265 Nm	7 %
	$n_{base} = 2900$	247 Nm	329 Nm	33 %
Potència	$n_{min} = 300$	7,76 kW	8,32 kW	7 %
	$n_{base} = 2900$	75 kW	99 kW	33 %
Sobrecàrrega	$n_{min} = 300$	247 Nm	641 Nm	159 %
	$n_{base} = 2900$	247 Nm	607 Nm	146 %

Taula 8.3. Relació paràmetres calculats amb nominals del motor d'exemple escollit.

8.1.4. Unitat inversora del motor asíncron

Com s'aprecia, el parell nominal del motor d'estudi és molt proper als 335 Nm nominals que caracteritzen el generador. De la mateixa manera, la velocitat nominal (2900), el nombre de pols (2) i la potència nominal (99) són molt a prop dels paràmetres que descriuen el motor en funcionament de generador del segon dimensionament.

Altres vegada, per determinar el convertidor que accionarà el motor i en controlarà la velocitat i el parell cal saber-ne tant la potència aproximada per la qual s'ha seleccionat l'inversor, superior a 75.000 W, i el corrent continu pel qual estarà dissenyat:

$$I_{DC} = \frac{P_{N,MOTOR}/\eta}{U_{BUS,DC}} = \frac{75000}{538 \cdot 0,965} = 144,5 \text{ A} \quad [Eq. 1.21.]$$

El corrent màxim el definirem amb el mateix valor que el corrent calculat a l'anterior equació, 145 A. Tanmateix, cal assenyalar que la potència mecànica de sortida del motor en condicions nominals (2900 rpm i 329 Nm) és de 99 kW. Així, el corrent màxim que podria circular pel bus DC aplicant els corresponents rendiments, és:

$$I_{DC} = \frac{P_{N,MOTOR}/\eta}{U_{BUS,DC}} = \frac{99000}{538 \cdot 0,965} = 190,68 \text{ A}^7 \quad [Eq. 1.22.]$$

Atenent els dos casos, el software DriveSize, determina l'inversor que actuarà com a accionament; serà l'inversor seleccionat en el primer dimensionament per a l'inversor: de la marca **ABB** model **ACS880-107-0170A-3** amb una potència nominal de 90 kW, les corbes del qual apareixen a la pàgina següent.

⁷ Aquí ja es pot apreciar com uns 180 A provenen de la generació del motor síncron i els 10 restants són consumits pròpiament de la xarxa de subministrament.

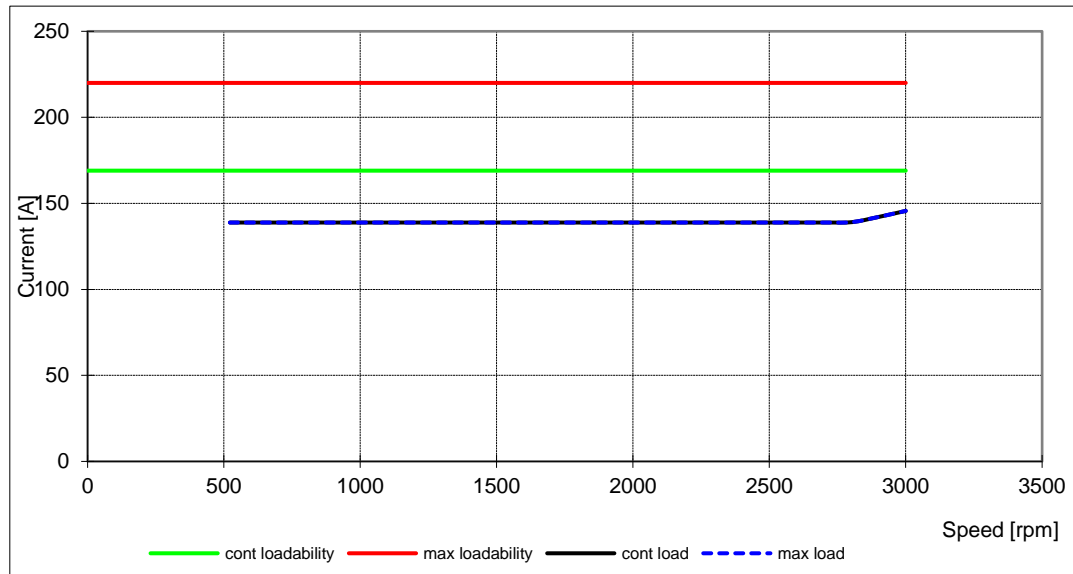


Figura 8.4. Corba corrent- velocitat del convertidor en funció del % de càrrega

Les dades resultants de l'inversor escollit, apareixen a la taula següent:

		Requerit	Resultat	Marge
Corrent DC	$n_{min} = 300$	166A	169 A	0,18 %
	$n_{base} = 2900$	166 A	220 A	32,5 %
Potència	$n_{min} = 300$	7,76 kW	25 kW	222 %
	$n_{base} = 2900$	86,2 kW	90 kW	0,44 %

Taula 8.4. Relació paràmetres calculats amb nominals de l'inversor escollit.

8.1.5. Convertidor d'Alimentació de corrent continu

Com es veu en el flux de potències que apareix a l'apartat següent, s'arriba a la conclusió que l'energia consumida de la xarxa és de l'ordre de 10 KW i com a molt assoliria un valor proper als 14, s'escull el mateix convertidor que al primer dimensionament:

- El mateix fabricant **ABB** amb model **ACS880-307-0080A-3+A003**.

Altra vegada, les condicions inicials en el bus de contínua seran les mateixes. Per tant, queda definida la tensió del bus DC en **540 V**.

8.2. Flux de potències del dimensionament 2

Per poder dur a terme el flux de potències generat en la bacada de proves fruit del segon dimensionament es realitza un esquema amb el sentit de l'energia definit amb l'ajuda de fletxes representades en dos colors. Altra vegada, les fletxes vermelles indiquen el corrent que és consumit i les fletxes verdes indiquen el corrent que és generat. Quan s'aconsegueix el valor de l'energia consumida pròpiament de la xarxa, es pot escollir un mòdul d'alimentació DC pel present dimensionament. Vegi's la següent figura, amb els paràmetres seleccionats i el convertidor de xarxa del primer dimensionament:

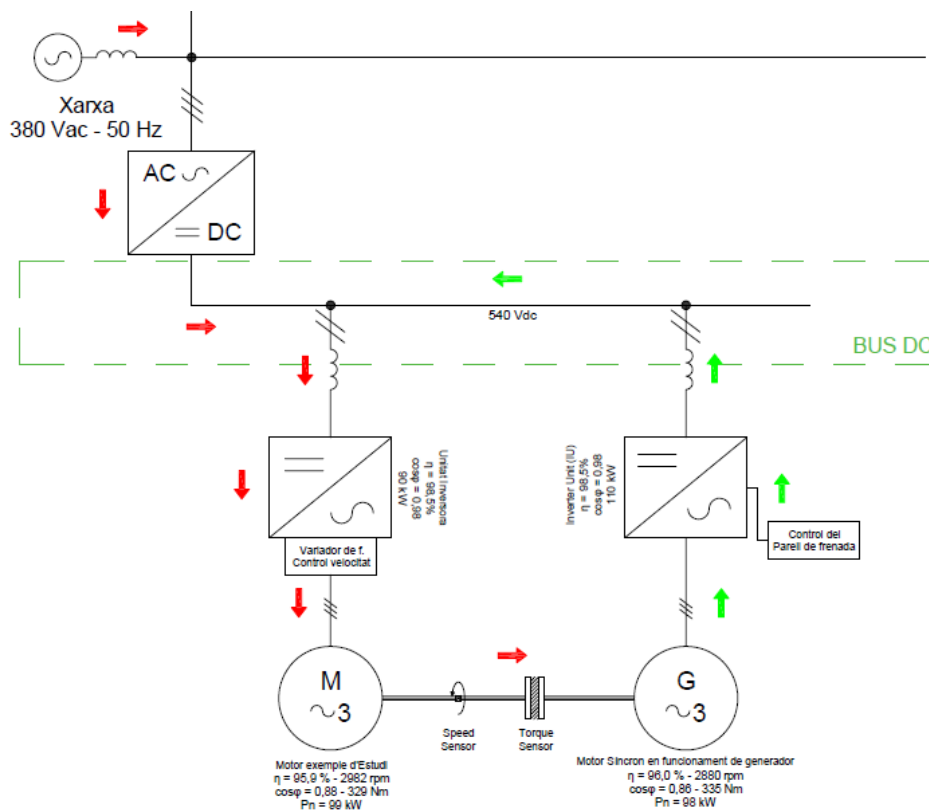


Figura 8.5. Esquema unifilar dimensionament 2 amb els seus elements

Tenint en compte només els rendiments de cada aparell i considerant les pèrdues en el cablejat totalment negligibles, es pot determinar de forma pràcticament exacte la potència consumida de la xarxa en funció de la potència absorbida pel motor asíncron d'estudi.

D'aquesta manera, es considera que el motor anteriorment citat absorbeix 90 kW elèctrics. Al mateix temps, es pren el seu rendiment per transformar aquesta potència elèctrica en mecànica que fa girar l'eix del motor síncron que, per la seva banda, convertirà l'energia mecànica en elèctrica funcionant com a generador. Altra vegada, aquest motor comprèn un rendiment que determinarà quina quantitat d'energia mecànica serà transferida al convertidor en forma d'energia elèctrica.

Lògicament, els convertidors estan definits sota uns altres rendiments que han d'esser considerats per a calcular el flux de potències.

Com a resultat, s'obté el següent flux de potències:

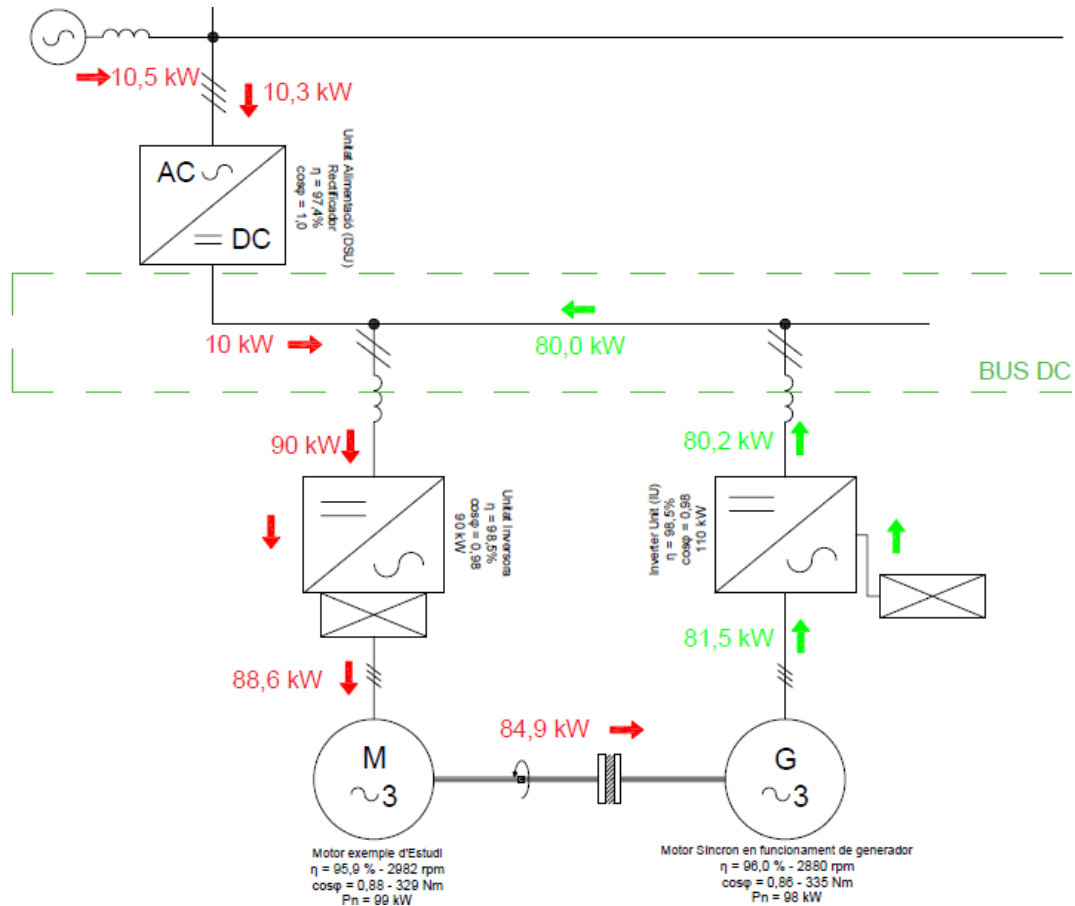


Figura 8.6. Flux de potències del dimensionament 2

A l'anterior flux s'aprecia que, tot fent funcionar el motor a una velocitat de 2900 min^{-1} i un parell de 329 Nm, la bancada regenera a ple rendiment. Això significa que per accionar el motor i fer-lo girar a plena càrrega, només aproximadament 10,5 kW són consumits de la xarxa.

Per tant només un 11,6 % de l'energia requerida pel motor, serà consumida directament de la xarxa. L'altre 88 % de l'energia restant serà proporcionada pel motor síncron com a generador i injectada al bus DC per tal que el motor pugui consumir-la en el mateix instant de la seva generació.

Si fem el càlcul per a potències de consum del motor tant inferiors com superiors, es veu com els percentatges anteriorment determinats es repeteixen. Per exemple, si el funciona a una velocitat de 2900 min^{-1} i ofereix un parell de 250 Nm, la potència mecànica proporcionada és de 71 kW. Si es duu a terme, amb les anteriors dades, el flux de potència de nou, s'arriba a la conclusió que:

$$P_{GEN(71kW)} = P_{MEC} \cdot \eta_{inv,1} \cdot \eta_{inv,2} \cdot \eta_{M1} \cdot \eta_{M2} = 71 \cdot 0,985 \cdot 0,959 \cdot 0,96 \cdot 0,985 = 63 \text{ kW}$$

$$\%_{E,GEN} = 63/71 = 88 \% \quad [Eq. 1.23.]$$

Es veu com el percentatge d'energia consumit de la xarxa i re-injectat pel generador no varia pràcticament.

8.3. Resum dels elements escollits: dimensionament 2

8.3.1. Convertidor AC/DC – Diode Supply Unit (DSU)

En aquest cas, comprèn els mateixos paràmetres i valors nominals que el convertidor del primer dimensionament ja que és el mateix model.

8.3.2. Unitat inversora del motor exemple d'estudi

Fabricant	ABB
Model	ACS880-107-0170A-3
Mida del marc de l'inversor	R6i ⁸
Característiques entrada (INPUT)	
Tensió nominal d'entrada i sortida	400 V
Rang de Tensions	380 – 415 V
Característiques sortida (OUPUT)	
Corrent nominal (AC)	169 A
Corrent màxim (AC)	220 A
Potència nominal (AC)	90 kW
Corrent amb sobrecàrrega lleugera (AC)	162 A
Potència amb sobrecàrrega lleugera (AC)	90 kW
Corrent amb ús intensiu de sobrecàrrega (AC)	126 A
Potència amb ús intensiu de sobrecàrrega (AC)	55 kW
Dissipació de calor – pèrdues	1,4 kW
Rendiment nominal	98,4 %
Pes	250 kg
Valors calculats	
Corrent nominal pel motor	$I_{N-motor} = \frac{P_{N-motor}}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{99000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,88 \cdot 0,959} = 169,3 \text{ A}$ $I_{N-motor(AC)} \leq I_{N-CONVERT(AC)}$ $I_{N-motor(DC)} \leq I_{N-CONVERT(DC)}$ <p style="text-align: center;">169 ≤ 220 A 183 ≤ 220 A</p>

Taula 8.5. Taula resum dels paràmetres del convertidor 2 del motor d'estudi

⁸ 2145x400x636mm i 250 kg

8.3.3. Motor asíncron d'estudi

Fabricant	ABB
Model	M3BP 315SMB 2
Tipus	Asíncron trifàsic
Potència nominal	100 kW
Tensió nominal	400 V
Rang de Tensions	380 – 690 V
Velocitat nominal	2982 min ⁻¹
Número de pols	2
Corrent nominal (AC)	189 A
I_S/I_N	6,7
Parell nominal	352 Nm
M_I/M_N	1,9
M_b/M_N	2,6
Resistència per fase	0,05107 Ω
Rendiment a 100% càrrega	95,9 %
Rendiment a $\frac{3}{4}$ càrrega	95,9 %
Rendiment a $\frac{1}{2}$ càrrega	95,2 %
Factor de potència ($\cos \varphi$)	0,88
Moment d'inèrcia (J)	1,40 kg·m ²
Pes	940 kg
Valors calculats	
Potència sortida	$P_{out} = \eta \cdot \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_N \cdot \cos \varphi$ $= 0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 133 \cdot 0,86$ $= 110,505 \text{ kW}$

Taula 8.6. Taula resum dels paràmetres del motor exemple d'estudi

8.3.4. Motor síncron generador

Fabricant	SIEMENS
Model	1PH8167-2-L (Connexió Y)
Tipus	Síncron d'imants permanents (PM)
Potència sortida	98 kW
Tensió nominal	385 V
Tensió línia	400 V
Velocitat nominal	3000 min ⁻¹
Velocitat màxima	4000 min ⁻¹
Número de pols	2
Freqüència nominal	200 Hz
Corrent nominal (AC)	164 A
Corrent de frenada (AC)	230 A
Parell nominal	315 Nm
Parell estàtic	500 Nm
Rendiment	96,0 %
Factor de potència (cos φ)	0,86
Moment d'inèrcia (J)	0,244 kg·m ²
Pes aprox.	240 kg
Valors significatius	
Potència sortida	$P_{outMax} = M \cdot n = 315 \cdot 1500 \cdot \frac{2\pi}{60} = 98,23 \text{ kW}$

Taula 8.7. Taula resum dels paràmetres del motor síncron generador

8.3.5. Unitat inversora del generador

Fabricant	ABB
Model	ACS880-107-0210A-3
Mida del marc de l'inversor	R6i ⁹
Característiques entrada (INPUT)	
Tensió nominal d'entrada i sortida	400 V
Rang de Tensions	380 – 415 V
Característiques sortida (OUTPUT)	
Corrent nominal (AC)	206 A
Corrent màxim (AC)	268 A
Potència nominal (AC)	110 kW
Corrent amb sobrecàrrega lleugera (AC)	198 A
Potència amb sobrecàrrega lleugera (AC)	110 kW
Corrent amb ús intensiu de sobrecàrrega (AC)	154 A
Potència amb ús intensiu de sobrecàrrega (AC)	75 kW
Dissipació de calor – pèrdues	1,8 kW
Rendiment nominal	98,4 %
Factor de potència – cos φ	0,98
Pes	250 kg
Valors calculats	
Corrent nominal sortida del generador	$I_{N-generador} = \frac{P_{N-motor}}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos \varphi} \cdot \eta = \frac{70000 \cdot 0.951}{\sqrt{3} \cdot 308 \cdot 0.87}$ $= 164,05 \text{ A}$ $I_{N-generador} \leq I_{N-Convertidor}$ $\mathbf{164 \leq 169 \text{ A}}$ $I_{MAX-generador} \leq I_{MAX-Convertidor}$ $\mathbf{230 \leq 268 \text{ A}}$

Taula 8.8. Taula resum dels paràmetres de l'inversor 2 del motor síncron generador

⁹ 2145x400x636mm i 250 kg

8.4. Seccions del cablejat dimensionament 2

8.4.1. Tram 1: de xarxa a convertidor

Tenint en compte que el tram és trifàsic i altern, necessitem un 3XPVC en la fila B de la *Taula 1. Intensitats admissibles (A) a l'aire 40 °C en funció del número de conductors amb càrrega i naturalesa d'aïllament.* de la ITC-BT-19.

Com el convertidor escollit és el mateix que en el primer dimensionament, la secció del cablejat altern fins aquest serà la mateixa. Per tant el TRAM 1 queda definit de la següent manera:

$$3 \times 35 \text{ mm}^2 + 1 \times 16 \text{ mm}^2 (\text{Cu})$$
$$\text{RZ1} - \text{K } 0,6/1 \text{ kV AS}$$



Figura 8.7. Cable tipus 4 pols + protecció RZ1-K 0,6/1kV AS

8.4.2. Tram 2: d'inversor 1 a motor d'estudi

Tenint en compte que el tram és trifàsic i altern, necessitem un 3XPVC en la fila B de la *Taula 1. Intensitats admissibles (A) a l'aire 40 °C en funció del número de conductors amb càrrega i naturalesa d'aïllament.* de la ITC-BT-19.

Es pren el corrent nominal altern del motor que segons la fitxa tècnica del fabricant val 189 A. Tanmateix, el dimensionarem pel corrent que circularà en cas que la potència de sortida sigui de 99 kW, per la qual hem dimensionat els altres paràmetres.

En aquest cas, el corrent que circularà valdrà:

$$I_N = \frac{P_N}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{99000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,88 \cdot 0,959} = 169,3 \text{ A} \quad [\text{Eq. 1.24.}]$$

Ja que el valor calculat és superior als 148 A que apareixen a la taula hem d'agafar el valor immediatament superior de 180 A. D'aquesta manera podrem portar el motor a una zona de treball més potent. La secció en aquest cas valdrà 95 mm².

Per tant, el TRAM 2 queda definit de la següent manera:

$$3 \times 95 \text{ mm}^2 (\text{Cu})$$
$$\text{RZ1} - \text{K } 0,6/1 \text{ kV AS } \text{Longitud: } 3 \text{ m}$$



Figura 8.8. Cable tipus 4 pols RZ1-K 0,6/1kV AS

8.4.3. Tram 3: d'inversor 2 a motor generador

Tenint en compte que el tram és trifàsic i altern, necessitem un 3XPVC en la fila B de la *Taula 1. Intensitats admissibles (A) a l'aire 40 °C en funció del número de conductors amb càrrega i naturalesa d'aïllament.* de la ITC-BT-19.

El corrent nominal del generador quan la potència i la tensió són nominals, val 164 A, segons la fitxa tècnica del fabricant.

Suposant, doncs, que el motor treballa en aquestes condicions, la secció del tram ha de ser de 95 mm².

Per tant, el TRAM 3 queda definit de la següent manera:

3x95mm² (Cu)
RZ1 – K 0,6/1kV AS Longitud: 3 m



Figura 8.9. Cable tipus 4 pols RZ1-K 0,6/1kV AS

8.4.4. Tram 4: bus de corrent continu

Tot i que l'inversor sigui dimensionat en 110 kW, la potència que s'utilitza a l'hora de calcular el corrent DC del bus ve determinada per la potència del generador, de 98 kW.

Aleshores, la potència elèctrica de sortida del generador és la potència mecànica d'entrada aplicant-li llur rendiment:

$$P_E = P_M \cdot \eta = 98000 \cdot 0,96 = 94,0 \text{ kW} \quad [\text{Eq. 1.25.}]$$

Aquesta potència refereix a la nominal alterna d'entrada del convertidor: la potència de sortida contínua és aquesta última aplicant-li el rendiment del convertidor:

$$P_{out,DC} = P_{in,AC} \cdot \eta = 94080 \cdot 0,985 = 92,67 \text{ kW} \quad [\text{Eq. 1.26.}]$$

Amb el valor calculat de la potència DC del bus i el valor de la tensió U_{CC} del tram considerat, es pot determinar la corrent nominal del tram en corrent continu en les condicions nominals de funcionament de la bancada.

$$I_{DC} = \frac{P_{out,DC}}{U_{BUS,DC}} = \frac{92668}{538} = 172 \text{ A} \quad [\text{Eq. 1.27.}]$$

Suposant, doncs, que la generació provocada pel motor és la definida en condicions normals i que el convertidor té les pèrdues indicades, la secció del tram ha de ser de 95 mm^2 , dimensionat a un corrent màxim de 196 A.

Per tant, el TRAM 4 queda definit de la següent manera:

$$\mathbf{1P + N \ 95mm^2(Cu) - DC}$$
$$\mathbf{RZ1 - K \ 0,6/1kVAS \ Longitud: 3 m}$$

8.4.5. Tram 5: posta a terra

Per a connectar totes les parts i elements de la bancada a terra s'utilitza un embarrat especialment dissenyat per aquest ús.

El cablejat de sortida d'aquest embarrat serà el mateix que pel primer dimensionament:

$\mathbf{1x16mm^2(Cu) - AC}$ amb el codi de colors verd i groc tal com s'indica a la mateixa ITC. En total 5 metres d'aquets cable.



Figura 8.10. Cable tipus terres 1 Pol RZ1-K 0,6/1kV AS

8.5. Proteccions dimensionament 2

8.5.1. Proteccions en corrent altern (AC)

Les proteccions, formades per tres fusibles, un interruptor magneto-tèrmic i un interruptor diferencial, de la part alterna entre kas xarxa i el convertidor d'alimentació en corrent continu són les mateixes que en el primer dimensionament.

Ja que, si en condicions nominals, la bancada consumeix uns 10,5 kW de la xarxa dels 90 que el motor d'estudi necessita, el corrent nominal que prové de la xarxa és:

$$I_N = \frac{P_{grid}}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 400} = 15,1 \text{ A} \quad [Eq. 1.28.]$$

8.5.2. Proteccions en corrent continu (DC)

En el bus de corrent continu (DC) només cal determinar les proteccions contra les sobreintensitats que puguin aparèixer al llarg del funcionament de la bancada, per tant, dels fusibles.

D'aquesta manera, com s'ha observat al capítol de dimensionament del inversor referent al motor que actua de generador, el corrent DC en condicions nominals de funcionament del generador, val:

$$I_{DC} = \frac{P_{N,MOTOR}}{U_{BUS,DC}} = \frac{92668}{538} = 172 \text{ A} \quad [Eq. 1.29.]$$

Amb el càlcul anterior s'escull un fusible del corrent normalitzat immediatament superior, 200 A. Gràcies a la potència un pèl sobredimensionada del inversor, de 110 kW, amb un fusible de 200 A i una tensió del bus de 540 V, podem injectar-li una potència de fins a:

$$P_{N,DC} = I_{CC,fuses} \cdot U_{CC} = 200 \cdot 540 = 108 \text{ kW} \quad [Eq. 1.30.]$$

que aplicant-li els rendiments corresponents del generador i del convertidor, significaria una potència mecànica de generació màxima de:

$$P_{G,max} = \frac{P_{N,DC}}{\eta_G \eta_{INV}} = \frac{108000}{0,96 \cdot 0,985} = 114 \text{ kW} \quad [Eq. 1.31.]$$

D'aquesta manera, es compleix amb el límit de corrent dels fusibles tot respectant la potència nominal sobredimensionada del inversor, de 110 kW.

Les característiques del fusible implementat en el bus de corrent continu DC són les següents:

- Fabricant SIEMENS
- Model 3NA3340
- Tipus fusible gG
- Corrent nominal 200 A
- Tensió nominal 500Vac i 440Vdc



Figura 8.11. Fusible del bus de corrent continu, 200 A gG

8.6. Altres elements

Entre els altres elements que conformen el sistema de la bancada d'assaig de motors, tant per un dimensionament com per l'altre, s'hi troba el filtre LCL de corrent altern del motor que actua com a generador.

8.6.1. FILTRE LCL

Per a obtenir la precisió necessària pròpia d'un laboratori, empresa o indústria on s'assagin o es provin motors elèctrics, cal disposar dels filtres necessaris per al funcionament correcte i precís de tota la bancada. És per això, que caldrà disposar un filtre LCL a continuació del generador síncron capaç de generar potència reactiva i malmetre o desequilibrar el sistema.

Tant per un dimensionament com per l'altre s'escull el filtre model LC L35-90A-400 de l'empresa fabricant CIRCUTOR preparat per a treballar a una tensió de 400V, una freqüència de 50 Hz i capaç d'equilibrar un triangle de potències amb una Q (reactiva) de fins a 18,24 kVar.



Figura 8.12. Representació gràfica del filtre LCL de CIRCUTOR que es connectarà a continuació de l'inversor

L'esquema bàsic de les connexions per fase del sistema del filtre, es mostren detalladament a l'annex de plànols del present projecte, al punt esquema unifilar.

9. Equips de mesura elèctrica i mecànica

9.1. Mesura mecànica

A part del control del parell i la velocitat que es realitza tan en un inversor com en l'altre, de forma que puguem assajar el motor aplicant-li una càrrega a una altra a diverses velocitats, cal mesurar aspectes directes i molt precisos sobre aquest control pel que fa a l'eix de la màquina.

És per això que s'introdueix, tal i com apareix als plànols, un mesurador de parell i velocitat la fitxa tècnica del qual s'adjunta als annexos del present treball.

El sensor de moment i velocitat del fabricant alemany LORENZ MESSTECHNIK i model DR-2212-R disposa d'un moment nominal de rang 500 Nm i d'una velocitat màxima de mesura de 7000 rpm. L'error en tant per cent produït per l'equip mesurador no és superior al 0,2% i només necessita d'una alimentació auxiliar de 12 Vdc per a poder funcionar.



Figura 9.1. Sensor de parell i velocitat LORENZ MESSTECHNIK (DR-2212)

La senyal de sortida d'entre $0 \pm 5 V$, de la mateixa manera que els altres equips sensors de mesura, es dirigirà a un analitzador precís de potència que permetrà l'anàlisi complet dels paràmetres de la bancada de proves.

9.2. Mesura elèctrica

La mesura elèctrica del banc de proves comprèn tres punts de mesura relacionats amb el motor que s'assaja, tal i com apareix als plànols:

- Abans d'entrar al mòdul d'alimentació que rectifica la tensió de la xarxa
- En el bus de corrent continu
- En el cablejat d'entrada al motor

Aquests punts permetran un anàlisi interessant pel que fa a les potències dels diferents trams per on discorre el corrent. Igualment, ens indicaran els corrents que circulen per aquest tram i les tensions assignades permetent-nos comparar-los amb els valors teòrics calculats.

Tot el balanç i flux de potències es determinarà a través de les diferències entre potències elèctriques dels trams. A part de permetre un anàlisi de les pèrdues produïdes en cada convertidor, permetrà veure si en qualsevol cas de funcionament, el balanç és sempre en proporcionalitat al percentatge generat pel motor respecte el seu funcionament nominal.

Ja que en diversos casos poden circular corrents molt elevats i l'analitzador comú escollit, com es veurà, suporta un màxim de 30 A d'entrada, es necessita implementar un mesurador de corrent que suporti aquestes intensitats i sigui del tot precís. L'aplicació de la bancada es destina, com bé s'ha dit, tant per a l'ús industrial com per al docent, en laboratoris de proves i assajos de motors; és per això, que la precisió a què estan sotmesos tots els elements, encara que s'assagi un motor, ha de ser el més elevada possible.

Pel que fa a la precisió, es descarta la connexió de qualsevol transformador d'intensitat (TI). A més a més, aquest últim no es pot connectar en el tram de corrent continu.

Es decideix, per tant, utilitzar set sensors o pinces de corrent com a elements auxiliars a l'analitzador de xarxa emprat.

Pel sensor de **corrent continu DC** s'escull a través del fabricant *J&D Smart Sensing* i model JPS20H-150. El corrent nominal és d'entre 50 i 200 A dc. amb una precisió del $\pm 1\%$ del corrent nominal. La multitud de paràmetres i característiques s'indiquen a l'annex de fitxes tècniques.



Figura 9.2. Sensor de corrent bus DC de J&D Smart Sensing (JPS20H-150)

Pels sis sensors de corrent altern AC disposats a l'entrada del ACS880-307, mòdul d'alimentació, i a l'entrada del motor d'estudi, s'escullen les pinces per a analitzadors de xarxa del fabricant CIRCUTOR model CPRG-500. El corrent nominal és d'entre 5 i 500 A ac. i una precisió del 0,7%. Es col·loca una per fase en els dos punts indicats de la bancada; resultant un total de sis pinces amperimètriques de corrent altern. La resta de paràmetres i característiques s'indiquen a l'annex de fitxes tècniques.



Figura 9.3. Sensor de corrent AC de CIRCUTOR (CPRG-500)

9.2.1. Analitzador

Els elements de mesura auxiliars ja citats que inclouen el sensor de parell i velocitat i les pinces o sensors amperimètrics, es connecten simultàniament a un potent i precís analitzador de potència amb control i monitorització remota per tal d'exportar-ne les dades, taules i/o gràfiques requerides.

Per a la mesura elèctrica i mecànica de la bancada de proves s'escull l'analitzador del fabricant *Newtons4th Ltd.* i model **PPA5530** Precision Power Analyzer. Vegi's la següent imatge:



Figura 9.4. Analitzador múltiple elèctric i mecànic de la bancada (PPA5530)

L'analitzador disposa de tres entrades per fase que inclouen:

- Mesura directa de corrent
- **Mesura directa de tensió**
- **Mesura indirecta per a la connexió de sensors de corrent o tensió**

Les entrades indicades en negreta són les que s'utilitzaran per a la mesura elèctrica de la nostre bancada.

La precisió de l'analitzador, representada com a error de la potència en Watts en funció de la freqüència, mostra una gràfica com la següent:

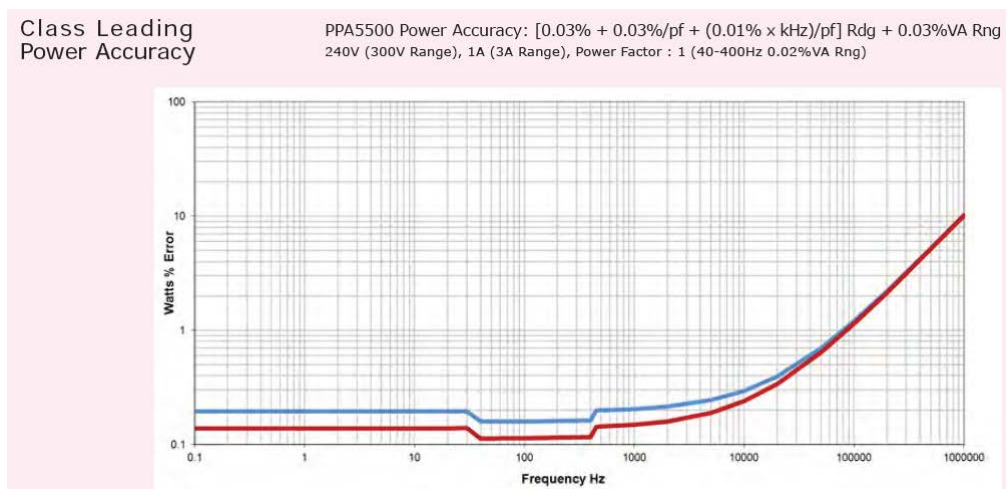


Figura 9.5. Error produït en termes de potència en funció de la freqüència en l'analitzador escollit, PPA5530

Tal i com s'ha indicat amb anterioritat, la mesura es realitza a tres punts independents de la bancada, cosa que impedeix l'ús d'un sol analitzador per a la mesura completa de la bancada de proves, ja que són en total set fases les que han d'ésser mesurades: tres alternes al principi, tres alternes al motor i una fase contínua.

S'implementa, doncs, la connexió d'un segon analitzador de característiques idèntiques al PPA5530 amb la única diferència que un fa de mestre i l'altre d'esclau, poden visualitzar en el mestre les dades corresponent a la mesura total incloent-hi l'analitzador esclau.



Figura 9.6. Part posterior de l'analitzador de xarxa amb les entrades corresponents definides a continuació

Les entrades i sortides de què disposa l'analitzador, representades en la figura superior, inclouen:

1. Entrades de mesura per fase de corrent i tensió, amb possibilitat per a sensors i/o transformadors per a mesures de valors elevats.
2. Dues entrades de sensors externs que permeten la mesura directa de parell i velocitat per a la potència mecànica i una sortida analògica auxiliar.
3. Alimentació auxiliar de l'analitzador, 220-240 Vac.
4. Port d'extensió i sincronització per a la connexió d'un altre analitzador per formar un analitzador de 6 fases. El màxim de fases permeses en una simple anàlisi és de 12, limitant a 4 el nombre d'analitzadors que es connectin mentre un dels quals fa de mestre als altres.
5. Connexions d'interfase PC, entre elles, RS232, USB, LAN i GPIB. Permeten, en gran mesura, l'exportació de les dades, taules i gràfiques a l'ordinador.

9.2.2. Entrada dels sensors de parell i velocitat

La mesura directe del parell i la velocitat en les entrades especialment implementades per al seu ús, i que estan totalment sincronitzades amb els canals de corrent i tensió, permet una conversió de potències a temps real que permet l'avaluació directa del rendiment vertader del motor i dels convertidors o accionaments.

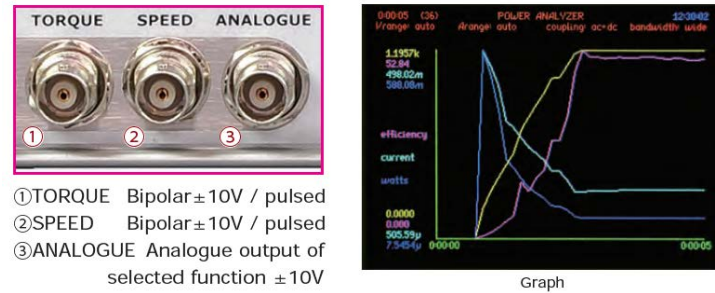


Figura 9.7. Esquerra (entrades analògiques dels sensors de parell i velocitat) a la dreta (comparació de la potència d'entrada amb la de sortida)

Per a resumir el sistema de connexions emprat, s'adjunta una imatge de l'esquema intuïtiu que es realitza a la bancada d'assaig objecte del treball. La informació detallada es representa esquemàticament a l'annex de plànols referent a l'esquema multifilar general.

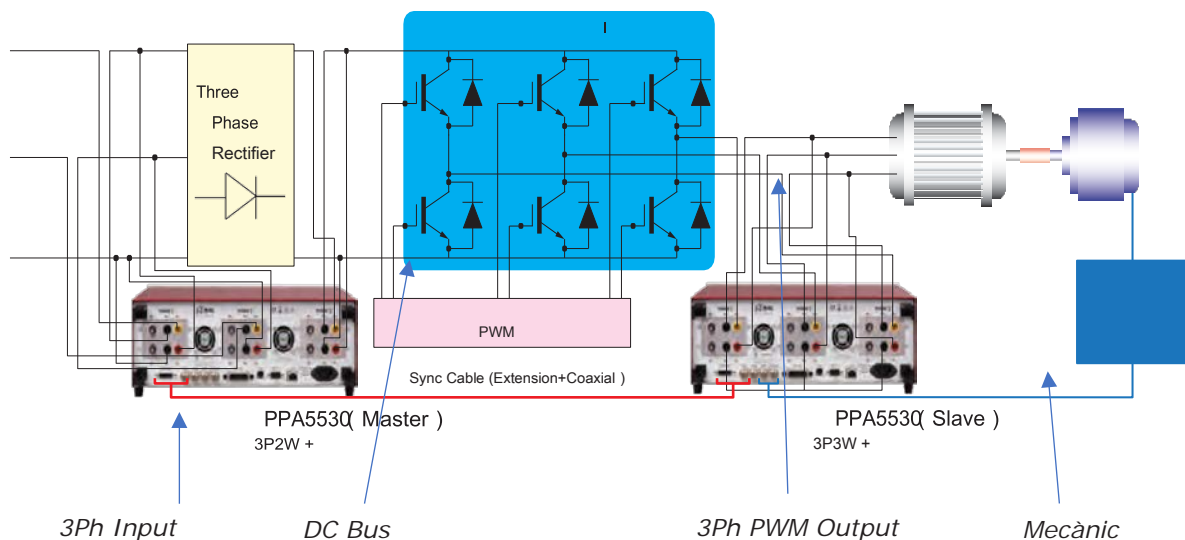


Figura 9.8. Esquema de connexions de dos PPA5530, un mestre i un esclau, amb mesura de tensions, corrents, parell i velocitat

10. Control del parell de frenada

Tota la sèrie ACS880, utilitzada per a usos industrials on es fa ús d'un bus de corrent continu per a la distribució dels diversos elements i funcions que ha de realitzar el sistema, utilitza el mateix software, el programa de control primari, per a controlar unitats inversores i motors. Les diverses macros de l'aplicació assisteixen en la configuració dels paràmetres per a diverses funcions, entre les quals:

- Configuració bàsica de control per entrades/sortides i control per adaptador del bus de camp.
- Control manual o automàtic per a modes local o remots.
- Control PID per a processos de bucle reiteratiu.
- Control seqüencial per a cicles repetitius.
- Control de parell
- Capacitat de guardar configuracions de convertidor

Els inversors estan equipats amb **Control Directe de Parell** (DTC – Direct Torque Control) i amb la plataforma de control de motor pròpia d'ABB compatible amb motors d'inducció, motors síncrons d'imants permanents, servomotors i els nous motors síncrons de reluctància.

El DTC facilita el control del motor des del repòs fins a valors màxims de parell i velocitat sense la necessitat de codificadors o sensors de posició. A més a més, permet una alta capacitat de sobrecàrrega, proporciona un alt parell d'arrancada i redueix la tensió sobre els elements mecànics.

Si ens fixem en l'inversor i el motor que s'estudia, veiem com no hi ha cap problema a l'hora de definir els paràmetres per controlar-ne la velocitat, el parell o la potència de sortida ja que el sentit del corrent, o el que és el mateix, el flux d'energia, és el convencional i pel que està dissenyat el motor:

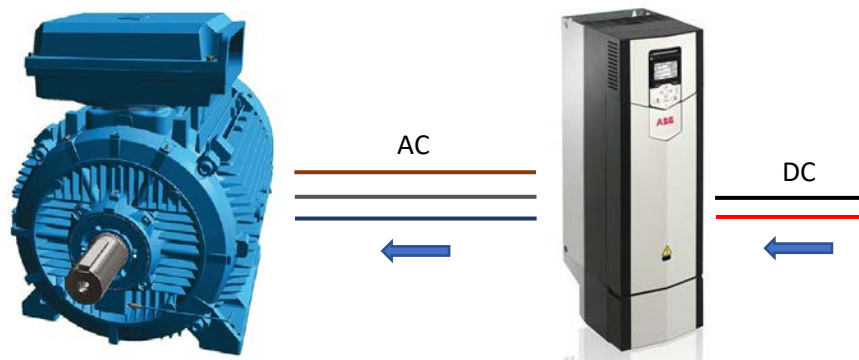


Figura 10.1. Representació del flux de potències del inversor accionant el motor objecte d'estudi

Amb el sistema operant tal i com apareix en la imatge anterior, les connexions es realitzaran de la forma típica i estàndard tal i com s'indica esquemàticament en l'apartat de plànols. A més a més, els paràmetres per a definir entrades i sortides, parells, velocitats i límits de velocitats, es duran a terme segons s'exposa al manual de cadascun dels elements sense haver de tenir en compte cap consideració.

10.1. Control en el generador

Un generador síncron, en el nostre cas un motor en funcionament invers, pot ésser controlat per diversos mètodes en funció de l'objectiu. D'acord amb els estàndards utilitzats, hi ha tres formes de controlar el parell d'un motor:

- El corrent de l'estator en l'eix-d pot ajustar-se a zero durant el funcionament del generador, de forma que s'aconsegueix una relació lineal entre el corrent de l'estator i el parell electromagnètic.
- Alternativament, el generador pot ésser controlat de manera que produeixi el parell màxim amb el mínim corrent possible en l'estator.
- Un tercer mètode d'aproximació al control del parell, seria fer operar el sistema amb un factor de potència igual a l'unitat.

Si ens disposem a estudiar el generador i el seu control a través del convertidor que se l'hi assigna, es veu com la simplificació no és tan simple com en un motor en funcionament unidireccional. Tanmateix es pot aproximar la seva metodologia de control atenent el funcionament la primera de les tres opcions anteriors.

Tal i com mostra la corba aproximada de parell-velocitat d'un motor en comparació a la mateixa corba definida per un generador s'observa el següent:

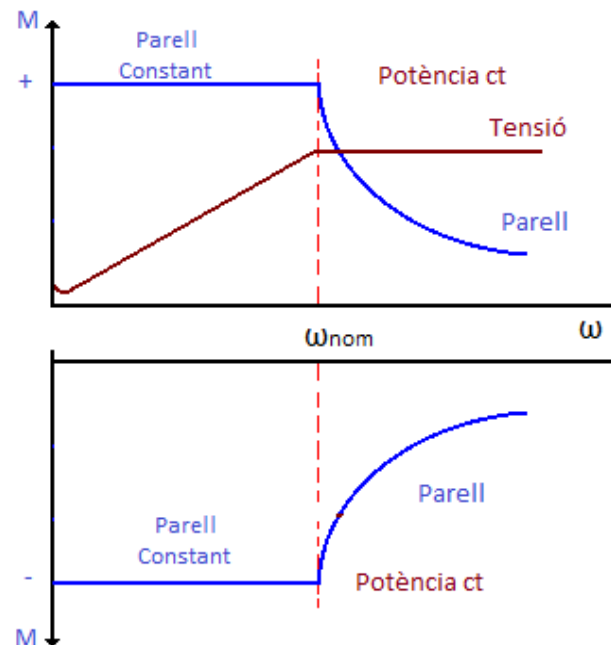


Figura 10.2. Gràfic Parell-Velocitat d'un motor, part superior, i d'un generador, part inferior.

En el cas objecte del treball, la part superior del diagrama simbolitza el motor que s'intenta estudiar o assajar, en canvi, la part inferior del gràfic, representa el motor síncron que està actuant com a generador.

La següent figura, simbolitza el flux de potències que comprèn el motor en funcionament de generador. On, alternativament al funcionament estàndard de l'inversor, les sortides i entrades prenen el concepte oposat.

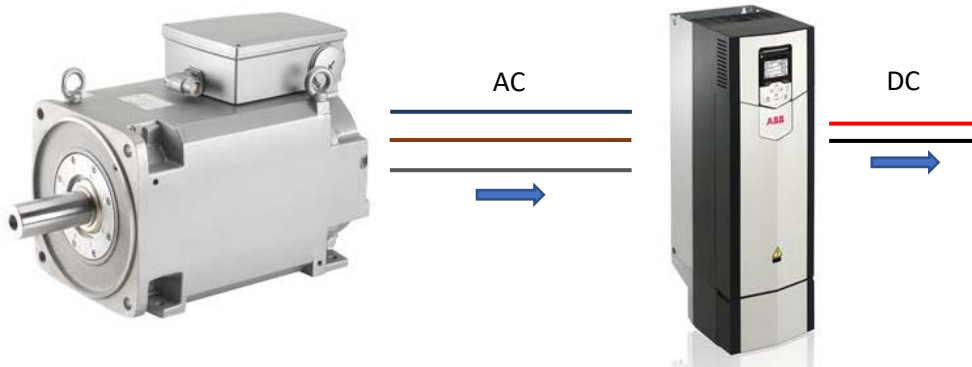


Figura 10.3. Representació del flux de potències del generador al inversor que acciona el control sobre el primer

D'aquesta manera, si ens fixem en el diagrama 10.2., s'aprecia com el motor treballa amb una potència positiva i el generador amb una de negativa i, tanmateix, la tensió està en els dos casos per sobre de zero. Això significa que, de la mateixa manera que la potència, el parell ha de ser negatiu per tal que la potència esdevingui negativa. Addicionalment, al traslladar el gràfic en termes purament elèctrics, el corrent del circuit també esdevindrà negatiu si es vol que el motor actui com a generador.

Atenent les darreres consideracions i les tres opcions exposades a l'inici del present capítol, es decideix realitzar el control del parell a través del mètode "Zero corrent Eix-d" (ZDC).

El control *Zero corrent Eix-d* pot realitzar-se traslladant la corrent de l'estator trifàsica en el marc de referència estacionari en les components *d* i *q* en el marc de referència sincrònic. Tal i com es representa al sistema d'equacions següent., la component eix-d, i_{ds} , es controla per tal que sigui zero. Si el corrent de l'estator en l'eix *d* es manté a zero ($i_{ds} = 0$), el corrent total de l'estator és igual a la seva component *q*, i_{qs} :

$$\begin{cases} \vec{i}_s = i_{ds} + j i_{qs} = j i_{qs} \\ i_s = \sqrt{i_{ds}^2 + i_{qs}^2} = i_{qs} \end{cases} \text{ for } i_{ds} = 0 \quad [Eq. 1.32.]$$

On \vec{i}_s és el corrent de l'estator en el vector espacial i i_s representa la seva magnitud, que, a l'hora, és el valor pic del corrent de l'estator trifàsic en el marc de referència estacionari. El parell electromagnètic del generador, ja derivat, val:

$$M_e = \frac{3}{2} \cdot P \cdot (\lambda_r \cdot i_{qs} - (L_d - L_q) i_{ds} i_{qs}) \quad [Eq. 1.33.]$$

On,

M_e	és el parell electromagnètic del motor
P	és el número de parells de pols de la màquina
λ_r	és el flux magnètic al rotor produït per imants magnètics
i_{qs}	és la component <i>q</i> del corrent de l'estator
i_{ds}	és la component <i>d</i> del corrent de l'estator
$L_{(d,s)}$	són les components <i>d</i> i <i>q</i> de les inductàncies de l'estator de la màquina

L'equació, arran de les consideracions prèvies sobre l'anul·lació del corrent i_{ds} i establint el generador com a màquina síncrona de quatre pols ($P = 2$), pot ser simplificada en:

$$M_e = \frac{3}{2} \cdot P \cdot \lambda_r \cdot i_{qs} = 3 \cdot P \cdot \lambda_r \cdot i_s \quad [Eq. 1.34.]$$

En definitiva, l'equació superior indica que amb una corrent $i_{ds} = 0$, el parell del generador és directament proporcional al de l'estator, i_s .

Adicionalment, si el flux magnètic al rotor produït pels imants permanents λ_r és constant, aleshores el parell exhibeix una relació lineal amb el corrent de l'estator, cosa que és similar a la producció de parell en una màquina de corrent continu amb un flux de camp constant, on el parell electromagnètic és proporcional al corrent d'armadura.

A la figura 10.4. s'il·lustra el diagrama de vectors espacial pel motor actuant com a generador i amb un corrent en l'eix- d igual a zero. El diagrama de vectors es deriva sota la premissa que la resistència de l'estator R_s és negligible i que el flux magnètic del rotor està alineat amb l'eix- d del marc de referència síncronic.

És molt important aclarir que tots els vector del diagrama juntament amb el marc dels eixos d i q giren a la velocitat de sincronisme, que és, en aquest cas, la mateixa que la velocitat al rotor del generador, ω_r . El vector del corrent a l'estator \vec{i}_s és perpendicular al flux magnètic del rotor $\vec{\lambda}_r$.

La magnitud de la tensió a l'estator ve donada per la següent expressió:

$$v_s = \sqrt{(v_{ds}^2) + (v_{qs}^2)} = \sqrt{(\omega_r L_q i_{qs})^2 + (\omega_r \lambda_r)^2} \quad [Eq. 1.35.]$$

El mateix temps, l'angle φ del factor de potència de l'estator, ve definit per:

$$\varphi_s = \theta_v - \theta_i \quad [Eq. 1.36.]$$

On, θ_v i θ_i són, respectivament, els angles dels vectors tensió i corrent a l'estator que defineix la següent equació:

$$\begin{aligned} \theta_v &= \tan^{-1} \frac{v_{qs}}{v_{ds}} \\ \theta_i &= \tan^{-1} \frac{i_{qs}}{i_{ds}} \end{aligned} \quad \text{for } i_{ds} = 0 \rightarrow \theta_i = \pi/2 \quad [Eq. 1.37.]$$

Tal i com es veurà en el diagrama vectorial de la pàgina a continuació, el control del parell i del signe de la potència es realitzarà directament sobre l'angle φ del factor de potència en l'estator. A la vegada, el valor d'aquest angle, tal i com apareix a l'anterior equació, ve definit per la relació trigonomètrica entre les dues tensions en el marc de referència síncronic, v_{qs} i v_{ds} . L'angle, doncs, determinarà el valor del corrent en l'estator que és qui controla de forma directa el valor del moment, M_e .

Vegi's la següent representació vectorial i circuital de les consideracions i equacions anteriorment explicitades:

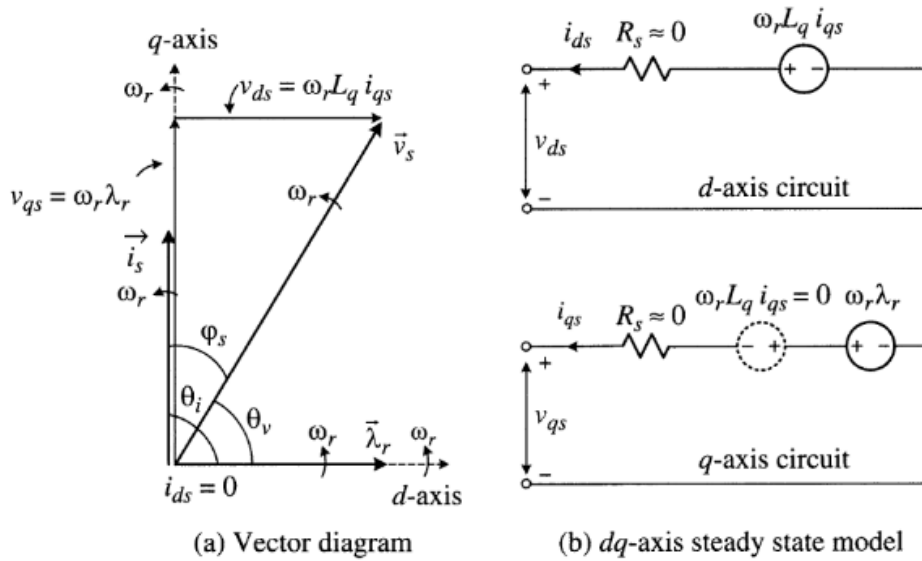


Figura 10.4. Diagrama fasorial de vectors en l'espai d'un generador síncron amb control ZDC de parell.

D'aquesta manera i d'acord amb l'esquema, en un control de parell ZDC on $i_{ds} = 0$, l'angle del factor de potència en l'estator ve donat per la següent expressió:

$$\varphi_s = \theta_v - \theta_i = \left(\tan^{-1} \frac{v_{qs}}{v_{ds}} \right) - \frac{\pi}{2} \quad [Eq. 1.38.]$$

Caldrà que el corrent circulant pel rotor sigui negatiu en un diagrama fasorial, és a dir, que prengui el sentit oposat per el qual està dissenyat. En el cas que es tracti d'un motor, per tal que actuï com a generador, cal que el corrent circuli tal i com apareix al circuit a la dreta del diagrama en la figura 10.4. Això vol dir que pren un valor negatiu en l'eix q . Si en el diagrama superior no apareix apuntant a la part inferior amb valor negatiu és perquè es tracta d'un generador actuant com a tal. Això s'explica atenent que el gir de la màquina tant en un cas com en l'altre és en el mateix sentit.

Per tant, si:

$$\varphi_s = \theta_v - \theta_i > 0 \quad [Eq. 1.39.]$$

La màquina funciona com a motor, existeix un desfasament positiu φ_s entre tensió i corrent i els dos representen una gràfica U-t i I-t on el seu producte, que defineix la potència, és positiu.

Si,

$$\varphi_s = \theta_v - \theta_i < 0 \quad [Eq. 1.40.]$$

La màquina funciona com a generador. Existint un desfasament negatiu φ_s entre tensió i corrent. En aquest cas el producte entre tensió i corrent, que defineix la potència, és negatiu.

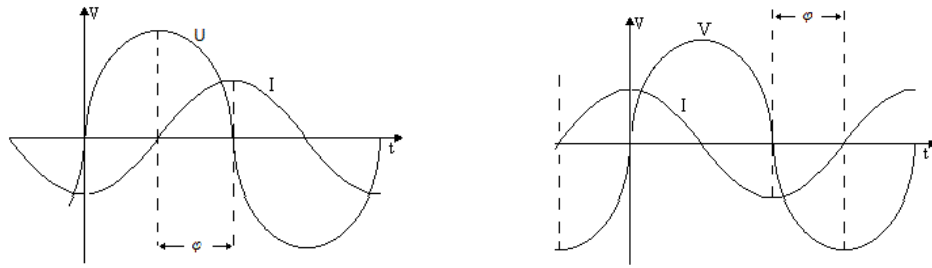


Figura 10.5. Gràfic del valor de φ del generador (esquerra) i d'un motor (dreta) amb valor il·lustratiu no possible de 90°

Si es vol controlar el motor actuant com a generador, cal indicar-li al convertidor que aquest treballa amb una potència negativa, per tant cal variar-li els paràmetres de corrent i desfasament de forma que pugui actuar sobre el generador però sense variar-ne ni el flux d'energia ni el sentit del corrent.

Per tant, si la tensió que li arriba al motor és la següent:

$$U = E_F + jX_s I_q \quad [Eq. 1.41.]$$

I la potència elèctrica del motor ve definida per la següent equació:

$$P = 3 \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi \quad [Eq. 1.42.]$$

Quan, $P > 0$, la màquina actuarà com a motor

$P < 0$, la màquina actuarà com a generador

Al mateix temps, el parell mecànic del motor serà $M > 0$ i $M < 0$ respectivament.

Si ens centrem en les potències, la raó per la qual esdevenen positives o negatives és pel signe del corrent, el qual només varia amb el valor del factor de potència.

D'aquesta manera, quan es vol indicar al convertidor el parell de frenada i la potència de sortida del motor síncron d'imants permanents, cal variar-li l'angle φ del factor de potència. De manera que amb la finalitat d'obtenir una potència negativa:

$$P = 3 \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi^* < 0 \quad [Eq. 1.43.]$$

Caldrà que l'angle, $\varphi^* > 90^\circ$

Amb aquesta simple modificació s'obté una potència negativa i un parell negatiu. L'opcionalitat de variar aquest angle en el control de l'inversor, significa aplicar-li un factor de potència equivalent i de signe oposat permetent l'actuació sobre el motor i controlar-lo com si es tractés d'un generador. La funció cosinus de qualsevol angle $90^\circ < \varphi < 270^\circ$ sempre donarà un valor negatiu.

En resum, el control del parell es realitza digitalment a través del comandament de control dels inversors, els quals estan equipats amb el **Control Directe de Parell** (DTC – Direct Torque Control).



Figura 10.6. Comandament d'ABB per al control dels convertidors

L'única consideració que cal prendre és que a l'hora de voler augmentar o disminuir el valor del parell, les tensions que s'apliquen de control, d'entre -10 i 10 V, estan estipulades per a un control directe en la direcció natural de l'inversor. Així, i segons el que s'ha explicat en el present capítol, el control del motor en funcionament de generador significa revertir el sistema de l'inversor i prendre el negatiu com a positiu i el positiu com a negatiu.

És igualment important tenir en compte que el control que es fa de la velocitat, a través del comandament, implica el control del parell. Aquests es duen a terme a través d'un corrent de control d'entre 0 i 20 mA, tal i com apareix als plànols. D'aquesta manera, el 0 significa que el motor no gira i el 20 que gira a màxima velocitat. O bé, dit d'una altra manera, el 0 implica un parell nul, amb l'única resistència que ofereixen els imants permanents del generador, i el 20 implica l'actuació del parell màxim sobre el motor.

10.2. Avantatges i guanys de controlar el parell mecànic

A la bancada objecte d'estudi del present treball, s'hi connecta elèctricament i mecànicament un motor, normalment asíncron, per tal d'estudiar-lo. Això implica que el motor sigui sotmès a una sèrie de proves per tal de determinar els seus paràmetres més significatius i posar-lo a prova en condicions nominals i/o extremes de treball.

Segons el marc d'eficiència IE3, en el qual està permès l'accionament del motor sense un convertidor específic, cal aplicar les següents proves al motor:

- Test sense càrrega o al buit.
- Test amb el rotor bloquejat, sense capacitat de gir.
- Test tèrmic al 100% de càrrega
- Test de càrrega parcial, que inclouen:
 - o ~75% de càrrega
 - o ~50% de càrrega
 - o ~25% de càrrega

A més a més, al motor se li apliquen tensions d'entre 380 i 690 V a connexions estrella o triangle, segons el cas, i una última prova a alta tensió d'uns 2400 V aproximadament durant un minut.

Com a últim test, el motor és sotmès a una tensió contínua entre fase i fase dels bobinats ($U_1 - V_1, U_1 - W_1, V_1 - W_1$). Gràcies al corrent resultant dins dels bobinats i amb el simple ús de la Llei d'Ohm, s'aconsegueixen les resistències òhmiques per fase que han de ser pràcticament idèntiques.

Gràcies als tests directes sobre el motor a distintes càrregues, s'aconsegueixen diversos paràmetres molt importants que defineixen el motor:

- Corrent i Potència aplicades d'entrada
- Potència i velocitat de sortida
- Factor de potència
- Rendiment

Si durant l'estudi o assaig del motor, tan industrial com docent, només s'usen frens per carregar el motor i aplicar-li diversos parells, el consum elèctric es dispara ja que els corrents de funcionament són de l'ordre de centenars d'amperes.

Gràcies a la bancada dissenyada, independentment del parell de frenada que li apliquem al motor a través del generador, aquest últim sempre farà un ús regeneratiu del seu gir i re-injectarà tota la seva energia elèctrica a la mateixa línia de la qual el motor consumeix, reduint així el consum de la xarxa en més d'un 80 %.

És a dir, si fem girar el motor a velocitat nominal i li apliquem un parell de frenada qualsevol a través del generador, la corrent que necessitarà el motor augmentarà i per tant la potència consumida. Tanmateix, el generador estarà generant la part proporcional i injectant-la tota a l'energia que el motor sol·licita.

11. ESTUDI DE L'IMPACTE MEDIAMBIENTAL

En el present capítol, s'expliquen les conseqüències en l'àmbit ambiental que representen tant la instal·lació com l'ús de la bancada d'assaig de motor i la metodologia a duu a terme per tal de minimitzar-les.

11.1. Objectius

L'objectiu principal d'aquest estudi és tenir presents i avaluar els impactes i repercussions que es puguin produir a conseqüència del funcionament normal de la bancada i de les possibles averies i/o accidents que puguin derivar a l'hora d'engegar el sistema.

11.2. Sostenibilitat general

11.2.1. Utilització de materials reciclables i/o reutilitzables

La bancada comprèn un conjunt d'elements fabricats amb materials que són susceptibles de reutilitzar.

El cablejat és tot de coure i amb recobriment de polietilè reticulat, amb què el coure pot reutilitzar-se quan s'acabi el cicle de vida de la bancada o del propi aïllant. El recobriment, de la mateixa manera que el plàstic comú, pot reciclar-se per a una posterior aplicació en cables o altres materials que el requereixin.

Les màquines elèctriques, motors generalment, estan formats elementalment per metalls ferromagnètics i coure. Així que el seu ús, després d'haver-se cremat o avariats, es destina bàsicament a la seva reutilització o, inclús, reparació.

Els materials que conformen la part superficial dels *drives* i sistemes d'accionament o alimentació són tots de plàstic igualment reciclable. A més a més, l'empresa ABB disposa d'un servei de reciclatge i recollida dels seus components el cicle de vida dels quals hagi finalitzat. De manera que no suposen cap residu per a l'objecte d'aquest treball.

11.2.2. Durabilitat i toxicitat dels materials utilitzats

Tots els materials utilitzats en la bancada són d'una llarga durabilitat o vida útil; des dels motors fins a les proteccions utilitzades.

Per altra banda, el cablejat elèctric utilitzat és de baixa emissió de fums, de manera que en el cas de produir-se un incendi, aquests seran poc tòxics i de baixa contaminació, essent poc nocius per a la salut de les persones.

11.2.3. Producció de residus no recuperables

Tant en el muntatge com en el funcionament normal de la bancada no es generarà cap tipus de residu més que els embalatges, cartrons i/o plàstics que embolcallin els productes a l'hora de ser entregats i instal·lats pel fabricant.

11.2.4. Ús solvent i òptim del consum elèctric

Un dels objectius principals del treball responia a la necessitat de fer un ús solvent en l'energia consumida de la xarxa fins al punt que la bancada d'assaig de motors ha estat dissenyada bàsicament per reduir en un percentatge molt alt el consum energètic que s'utilitza de la xarxa. És per aquest motiu que la bancada, tot i assajar contínuament motors de gran potència,

sobrecarregar-los i augmenta'ls-hi el corrent considerablement en intervals de temps molt curts, es capaç de regenerar la major part de l'energia que els motors requereixin.

11.3. Situació i entorn atmosfèric

11.3.1. Emissions de gasos, pols i altres composts volàtils

L'entorn atmosfèric no es veurà en cap cas afectat per les obres d'implantació de la bancada ni pel funcionament de la mateixa, ja que la instal·lació dels mòduls ABB i les màquines no generaran pràcticament pols ni emetran cap tipus de gas. A més a més, no es necessària la realització de rases o elements similars sinó que el cablejat des dels motors fins al convertidor és volàtil i de poca llargària per tal d'intercanviar la secció dels cables en cas d'augment de potència en els motors d'estudi.

Tanmateix, depenent de la situació o l'entorn en què s'instauri la bancada, aquesta pot sofrir la presència de pols, gasos o humitat. Estem parlant d'indústries o laboratoris on es barregi malauradament dos o més tipus de processos un dels quals propiciï la generació de pols, gas o humitat, o bé, simplement, un entorn atmosfèric que presenti elements d'aquests en l'aire.

11.4. Accidents sobre el personal autoritzat

11.4.1. Contacte elèctric directe

Com a qualsevol sistema elèctric, es poden produir accidents pel que fa al corrent elèctric i a la presència de tensió en tot el cablejat. En el cas de funcionament de la bancada, com s'ha apreciat en el dimensionament del sistema, els corrents circulants són, i poden ser, molt elevats, de manera que existeix un risc de fuga i posterior descàrrega elèctrica sobre les persones o el material que envolti la bancada. Això pot comportar greus efectes saludables sobre les persones, malmetre material, tant de la bancada com extern, o, inclús, provocar la mort.

11.4.2. Temperatures de funcionament

A més a més del risc elèctric, el funcionament reiteratiu dels motors i dels seus accionaments condueixen a sobre-escalfaments en les seves parts superficials que poden derivar en cremades en el seu entorn més proper o a través de contacte provocat pel personal que fa ús de la bancada.

11.4.3. Enderrocs o caigudes dels components

Tant en el moment de muntatge i instal·lació de la bancada com posteriorment a aquest, hi ha el petit risc de produir-se un trencament o caiguda d'una màquina o d'un mòdul d'accionament. Això pot produir-se en casos de finalització del cicle de vida o sobrecàrrega dels suports dissenyats per als elements que conformen la bancada, o be, durant la descàrrega del material per a la seva instal·lació. És per aquest motiu, que existeix un risc no menyspreable arran de la possibilitat d'ensorrament o caiguda sobre personal autoritzat, de laboratori o de manteniment.

11.5. Mesures de seguretat i protecció

11.5.1. Contra les pertorbacions atmosfèriques

Per a protegir la bancada de proves i les persones que en fan ús contra els gasos, la pols i la humitat o altres elements líquids, s'instal·larà sempre en zones on es disposi d'elements d'extracció de gasos i pols i elements de control d'humitat; això és bàsicament extractors i deshumidificadors, presents en qualsevol indústria o laboratori.

En cas de no disposar d'una zona prevista d'elements d'aquest tipus o similar, els accionaments ja disposen de protecció IP55, la qual protegeix els mateixos davant d'adversitats com l'aigua i la pols.

11.5.2. Contra els riscos elèctrics

En primer lloc cal fer un ús solvent de la mesura preventiva d'aquests riscos tot seguint les cinc regles d'or per treballar en tensió:

1. Desconnexió
2. Prevenir qualsevol possible realimentació
3. Verificar l'absència de tensió
4. Posar a terra i en curtcircuit
5. Protegir davant d'elements auxiliars en tensió i senyalitzar la zona

Per altra banda, la bancada disposa de proteccions contra sobrintensitats com són els fusibles de xarxa i el del bus, com l'interruptor magneto-tèrmic automàtic. Aquests protegiran la instal·lació de la bancada per evitar averies o destruir material elèctric.

A més a més, es disposa d'un interruptor diferencial per a protegir les persones davant de contactes directes o indirectes amb una sensibilitat de 300 mA i un temps de desconnexió de 0,3 segons.

11.5.3. Contra altes temperatures de funcionament

Per a protegir tant la bancada com el personal que en fa ús davant de les altes temperatures de funcionament, els accionaments disposen de refrigeració d'aire constant i de desconnexió automàtica al superar la temperatura màxima que apareix a la seva fitxa tècnica. Els motors elèctrics, per la seva banda, disposen de ventilació forçada per evitar que es cremin i sobrepassin valors límit de temperatura.

11.5.4. Contra els enderroc o caigudes de material

En últim lloc, per evitar les possibles caigudes, ensorraments o finalització del cicle de vida sobtat d'aquests, es disposarà de personal de manteniment preventiu i periòdic, el preu del qual no està inclòs al pressupost del treball.

CONCLUSIONS

A través de la caracterització de tots els elements que conformen la bancada, s'ha realitzat el disseny de la mateixa per a dos modes de funcionament diferents. Gràcies a la variabilitat de rangs que ofereixen, tant a 1500 min^{-1} com a 3000 min^{-1} , el sistema permet la connexió de diversos motors amb paràmetres diferents per tal de ser assajats.

La possibilitat d'implementar el control directe sobre el parell de la planta regenerativa, permet forçar el motor d'estudi a múltiples parells de resistència i, així, aplicar-li una càrrega constant com si es tractés d'un fre convencional.

Com s'apreciaria tant en un cas real com en la simulació, el sistema no perd precisió a l'hora d'assajar un motor qualsevol. Els equips de mesura estan preparats per a determinar amb solvència tots els valors necessaris sobre el test del motor.

Tot i l'elevat cost de la inversió inicial de la bancada, s'aprecien dues consideracions. La primera: el preu varia molt poc entre un mode i l'altre tot i augmentar-ne en uns 25 kW la potència. La segona: l'estalvi produït arran de l'ús de la bancada, a curt i llarg termini, serà molt elevat.

S'obra la possibilitat de fer un estudi econòmic interessant dels costos, estalvis, VAN's i TIR's que la bancada representaria i presentar-la en forma d'oferta.

També existeix la possibilitat de convertir el sistema en un sol element que es vengui com a tal, la funció del qual és l'assaig de motors amb les característiques determinades produint un estalvi energètic de pràcticament el 88 %. És evident, que qualsevol empresa o laboratori que assagi motors, compraria la idea o l'implantaria sempre i quan es garantís la precisió del sistema.

En últim terme, s'espera que el departament de màquines elèctriques de la facultat EEBE presenti la possibilitat de preparar i instal·lar la bancada físicament en el laboratori de Baixa Tensió per a provar-ne els resultats reals i convertir-la en una eina d'ús acadèmic.

12. ANÀLISIS ECONÒMICA

El següent capítol es divideix en dos apartats. El primer d'ells introdueix simbòlicament la qüestió de l'estalvi en la factura elèctrica que significaria en petita mesura l'ús de la bancada en un laboratori de funcionament habitual. El segon apartat comprèn el pressupost dels dos dimensionaments de la bancada de proves.

12.1. Cost d'estalvi del frenat elèctric

Cada dia és més important avaluar el cost del cicle de vida total a l'invertir en productes per estalviar energia. L'accionament de corrent altern s'utilitza per a regular la velocitat i el parell; aquesta funció bàsica dels accionaments de corrent altern significa estalvis en el consum d'energia en comparació amb altres mètodes de control. En l'aplicació objecte d'aquest treball, la bancada de proves, el frenat és molt important i reiteratiu, tanmateix, representa una energia que és en bona mesura regenerada.

El cost directe de l'energia es pot calcular partint, per exemple, del preu de l'energia, el temps i la potència del frenat elèctric calculats per dia. Si bé el preu de l'energia varia constantment i segons el país, es pot aplicar un preu aproximat de 0,05 euros per kilowatt-hora. El cost anual de l'energia es pot calcular de la següent manera:

$$\text{Cost} = \text{Cicle Frenat} \left(\frac{h}{\text{dia}} \right) \cdot \text{Potència mitjana de frenat (kW)} \cdot \text{Preu energia} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) \cdot 365 \quad [\text{Eq. 1.44.}]$$

Això implica que, per el motor que s'assaja a la nostra bancada i sense cap sistema de regeneració energètica, l'accionament de 75 kW funciona unes 5000 hores l'any en una indústria d'assaig de motors i unes 800 en un laboratori acadèmic i frenaria amb una potència mitjana de 37 Kw durant 5 minuts l'hora, és a dir, en el primer cas, 417 hores l'any i, en el segon cas, 67 hores anuals. El cost directe de l'energia és de:

$$\text{Cost}_{cas 1} = \frac{417}{365} \cdot 37 \cdot 0,05 \cdot 365 = 771,45 \text{ €} \quad [\text{Eq. 1.45.}]$$

$$\text{Cost}_{cas 1} = \frac{67}{365} \cdot 37 \cdot 0,05 \cdot 365 = 123,95 \text{ €} \quad [\text{Eq. 1.46.}]$$

Vegi's que el fet de frenar un motor constantment genera costos elevats i si l'equació es repeteix pel nombre múltiple d'accionaments de què disposa una empresa d'assaig o proves de motors, es veuria com el preu es dispara significativament.

És, per tant, molt important la presència de la unitat regenerativa que actua com a fre i com a generador simultàniament i que redueix aquests costos en aproximadament un 85%. Cal tenir en compte que el preu de la inversió, com es veurà al capítol a continuació, és molt més elevat que un simple accionament i un fre mecànic o elèctric. Ja que en el cas de la bancada dissenyada, formada per un motor addicional amb el seu inversor complementari (accionament) i un joc de barres de corrent continu (bus DC) auxiliar, el cost addicional de la inversió és molt més elevat.

Si, per altra banda, carreguem el motor a través d'un fre mecànic, el corrent circulant pel rotor sempre es proporcional al parell de resistència; la qual cosa, acaba significat igualment un augment del consum energètic necessari per a l'assaig.

12.2. PRESSUPOST

El pressupost presentat a continuació és el càlcul i sumatori del que costa realitzar la bancada de proves de motors a partir del seu disseny i presència de tots els seus elements i costos de realització.

12.2.1. Pressupost: dimensionament 1

PARTIDA	DESCRIPCIÓ	UNITATS	PREU UNITARI	TOTAL
ELEMENTS PRINCIPALS	Mòdul amb unitat d'alimentació AC/DC d'ABB, ACS880-307-0080A-3+A003	1	-	
	Unitat inversora 75 kW, ACS880-107-0140A-3	1	-	29.793,75 €
	Unitat inversora 90 kW, ACS880-107-0170A-3	1	-	
	Motor síncron 70 kW SIMOTICS de SIEMENS, 1PH8184-F-2	1	6.988,5 €	6.988,50 €
	Motor asíncron d'exemple d'estudi, M3BP 280SMB 4, 75-55kW	1	4.304,5 €	4.304,50 €
EQUIPS DE MESURA MECÀNICA I ELÈCTRICA	Pinça sensora de corrent altern AC alta precisió de CIRCUTOR (CPRG-500)	6	222,15 €	1.332,90 €
	Pinça sensora de corrent continu DC Alta precisió J&D Smart Sensing (JPS20H-150)	1	357,6 €	357,60 €
	Sensor de parell i velocitat de LORENZ MESSTECHNIK (DR-2212) – Transductor de parell dinàmic	1	3.139,00 €	3.139,00 €
	Analitzador múltiple elèctric i mecànic de la bancada (PPA5530)	2	6.098,5 €	12.197,00 €
EQUIPS DE PROTECCIÓ	Fusible corrent altern entrada de bancada 80 A gG	3	22,75 €	68,25 €
	Fusible corrent continu del bus DC de la bancada 160 A gG	1	35,65 €	35,65 €
	Interruptor automàtic seccionador magneto-tèrmic 63 A – 3P	1	105,68 €	105,68 €
	Interruptor automàtic diferencial 63 A – 4P	1	57,96 €	57,96 €
	Filtres auxiliars LCL	1	6.798,66 €	6.798,66 €
CABLEJAT AC I DC	Cable 3x35mm ² + 1x16mm ² (Cu) RZ1-K 0,6/1kV	3	11,01 €	33,03 €
	Cable 3x70mm ² + 1x16mm ² (Cu) RZ1-K 0,6/1kV	3	17,53 €	52,59 €
	Cable 3x70mm ² + 1x16mm ² (Cu) RZ1-K 0,6/1kV	3	17,53 €	52,59 €
	Cable 1x50mm ² + 1x16mm ² (Cu) RZ1-K 0,6/1kV	3	3,98 €	11,94 €
	Cable terres 1x16mm ² (Cu) RZ1-K 0,6/1kV	5	1,12 €	5,60 €
MÀ D'OBRA	MUNTATGE D'EQUIPS I INSTAL·LACIÓ	1	766,80 ¹⁰ €	766,80 €
COSTS ENGINYERIA	ESTUDI I ENGINYERIA RELACIONADA	250	29,85 €	7.462,5 €
			SUBTOTAL (sense IVA)	72.797,70 €

¹⁰ No s'inclouen a l'oferta

12.2.2. Pressupost: dimensionament 2

PARTIDA	DESCRIPCIÓ	UNITATS	PREU UNITARI	TOTAL
ELEMENTS PRINCIPALS	Mòdul amb unitat d'alimentació AC/DC d'ABB, ACS880-307-0080A-3+A003	1	-	
	Unitat inversora 90 kW, ACS880-107-0170A-3	1	-	32349,75 €
	Unitat inversora 110 kW, ACS880-107-0210A-3	1	-	
	Motor síncron 98Kw SIMOTICS de SIEMENS, 1PH8167-L-2	1	7.722,16 €	7.722,16 €
	Motor asíncron d'exemple d'estudi, M3BP 315SMB 4, 110-75kW	1	5.454,5 €	5.454,5 €
EQUIPS DE MESURA MECÀNICA I ELÈCTRICA	Pinça sensora de corrent altern AC alta precisió de CIRCUTOR (CPRG-500)	6	222,15 €	1.332,9 €
	Pinça sensora de corrent continu DC Alta precisió J&D Smart Sensing (JPS20H-150)	1	357,6 €	357,6 €
	Sensor de parell i velocitat de LORENZ MESSTECHNIK (DR-2212) – Transductor de parell dinàmic	1	3.139,00 €	3.139,00 €
	Analitzador múltiple elèctric i mecànic de la bancada (PPA5530)	2	6.098,5 €	12.197,0 €
EQUIPS DE PROTECCIÓ	Fusible corrent altern entrada de bancada 80 A gG	3	22,75 €	68,25
	Fusible corrent continu del bus DC de la bancada 200 A gG	1	54,78 €	54,78 €
	Interruptor automàtic seccionador magneto-tèrmic 63 A – 3P	1	105,68 €	105,68 €
	Interruptor automàtic diferencial 63 A – 4P	1	57,96 €	57,96 €
	Filtres auxiliars LCL i du/dt	1	6.798,66 €	6.798,66 €
CABLEJAT AC I DC	Cable $3 \times 35 \text{mm}^2 + 1 \times 16 \text{mm}^2 (\text{Cu})$ RZ1-K 0,6/1kV	2	11,01 €	22,02 €
	Cable $3 \times 95 \text{mm}^2 + 1 \times 16 \text{mm}^2 (\text{Cu})$ RZ1-K 0,6/1kV	6	19,82 €	118,92 €
	Cable $2 \times 95 \text{mm}^2 + 1 \times 16 \text{mm}^2 (\text{Cu})$ RZ1-K 0,6/1kV	3	11,86 €	35,58 €
	Cable terres $1 \times 16 \text{mm}^2 (\text{Cu})$ RZ1-K 0,6/1kV	5	1,12 €	5,60 €
MÀ D'OBRA	MUNTATGE D'EQUIPS I INSTAL·LACIÓ	1	766,80 ¹¹ €	-
COSTS ENGINYERIA	ESTUDI I ENGINYERIA RELACIONADA	250	29,85 €	7.462,5 €
			SUBTOTAL (sense IVA)	77.282,86 €

¹¹ No s'inlcouen a l'oferta

Bibliografia

- [1] Bin Wu, Mehdi Narimani (2017): *High-Power Converters and AC Drives*, Second Edition. New Jersey. IEEE Press – WILEY. ISBN 978-1-119-156031
- [2] Bin Wu, Yongqiang Lang, Navid Zargari, Samir Kouro (2011): *Power Conversion and Control of Wind Energy Systems* First Edition. New Jersey. IEEE Press – WILEY. ISBN 978-0-470-59365-3
- [3] Fraile Mora, Jesús y Fraile Ardanuy, Jesús (2016). *Accionamientos eléctricos*, 1ª Edición. Madrid. GARCETA GRUPO EDITORIAL. ISBN 978-8-416-228492 .
- [4] Rodríguez Pozueta, Miguel Ángel (2017). *Frenado de máquinas Asíncronas o de Inducción*. Universidad de Cantabria. Dpt. Ingeniería Eléctrica y Energética. Creative Commons Attribution-NonCommercial.
- [5] Muñoz Arranz, Manuel. Molina García, Ángel. (2008). *Implementación y estudio de un sistema de frenado regenerativo: Aplicación como carga mecánica*. Proyecto Fin de Grado, Universidad Politécnica de Cartagena.
- [6] T.J.E. Miller. *Brushless permanent-magnet and reluctance motor drives* (1989). Oxfordshire: Clarendon Press Oxford. ISBN 0-19-859369-4
- [7] ABB (2014). *ABB Drives, Technical guide book*.
- [8] SIEMENS AG (2017). *SINAMICS S120 and SIMOTICS*. Catalog D 21.4. Erlangen, Germany. KG 0217 7. HOF/KÖR 848 En.
- [9] ABB (2017). *Low voltage AC drives. ACS880, Multidrives 1.5 to 5600 kW Catalog*.
- [10] ABB (2016). *Low voltage Process performance motors*. 9AKK105944 EN 03-2016 | ABB Motors and Generators.
- [11] <http://drivesize.abb-drives.com/Motor.aspx?new=True&st=4> (ABB). *DriveSize – Industrial Multidrives*. Copyright © 2017 ABB Oy / Drives
- [12] http://www.promautomatic.ru/1PH8/PH8S_0512.pdf (SIEMENS). *SIMOTICS M-1PH8 Main Motor. Configuration Manual*. 05/2012. 6SN1197-0AD74-0BP1
- [13] https://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/Apuntes_EyM/Capitulo_9_Maquina_Sincronica.pdf. *Máquina Síncronica*. Apuntes Ing. Álvarez 12/2009. Universidad de Buenos Aires.
- [14] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93602/05CAPITULO4.pdf?sequence=6&isAllowed=y> Ramon Mª Mujal Rosas (2012). *CAPITULO IV: Ensayos y Simulaciones realizadas*. Tesis Doctoral.
- [15] Noelia Álvarez Fernández (2007). *Análisis de diferentes procedimientos y ensayos para la determinación del rendimiento en motores de inducción trifásicos*. Artículo Ingeniería Técnica Industrial Especialidad en Electricidad.

13. ANNEXOS

En la present i última secció del treball es presenten en tres apartats els annexos imprescindibles per a la comprensió total del funcionament de la bancada i compliment de les normes establertes:

- **ANNEX I:** NORMATIVA APLICABLE
- **ANNEX II:** FULLS DE CARACTERÍSTIQUES DELS ELEMENTS PRINCIPALS DE LA BANCADA. *DATASHEET*.
- **ANNEX III:** PLÀNOLS I ESQUEMES ELÈCTRICS
- **ANNEX IV:** OFERTA ABB MULTIDRIVE.

13.1. ANNEX I: NORMATIVA APLICABLE

13.1.1. Introducció a l'IEC

La **IEC (*International Electrotechnical Commission*)** és una comissió a nivell mundial no governamental i sense ànim de lucre formada el 1906, per a la normalització que comprèn tots els comitès electrotècnics nacionals. L'objecte de la IEC és promoure la cooperació internacional en totes les qüestions relatives a la normalització en els camps elèctrics i electrònics. Amb aquesta finalitat i, a més d'altres activitats, IEC publica Normes Internacionals, Especificacions Tècniques, informes tècnics, especificacions d'accés públic i guies (en endavant, anomenades normes IEC "). La seva preparació està a càrrec de comitès tècnics, qualsevol comitè nacional IEC interessat en el tema tractat pot participar en aquest treball preparatori. Internacionals, governamentals i no governamentals les organitzacions d'enllaç amb la IEC també participen en aquesta preparació. IEC col·labora estretament amb l'Organització Internacional de Normalització (ISO), de conformitat amb les condicions fixades per acord entre les dues organitzacions.

NORMATIVA IEC D'APLICACIÓ:

- IEC 60034-1 Valors nominals i rendiment
- IEC 60034-2 Càlcul de pèrdues i eficiència
- IEC 60.034-3 Requisits específics per a màquines sincròniques de rotor cilíndric
- IEC 60.034-4 Mètodes per determinar la màquina síncrona a partir de les proves
- IEC 60.034-5 Graus de protecció proporcionats per al disseny de màquines elèctriques rotatives.
- IEC 60.034-7 Classificació dels tipus de construcció, els dispositius de muntatge i la posició de la caixa de borns
- IEC 60.034-9 Límits de soroll
- IEC 60034-11 Protecció tèrmica
- IEC 60034-15 Nivells de tensió suportats per les màquines rotatives de corrent altern de gàbia amb bobines en l'estator
- IEC 60034-16 Sistemes d'excitació per a màquines sincròniques
- IEC 60034-17 Motors d'inducció de gàbia quan s'alimenten de convertidors - Guia d'Aplicació
- IEC 60034-18 Avaluació funcional dels sistemes d'aïllament -
 - Secció 1: Directrius generals
- IEC 60034-18: 21 Avaluació funcional dels sistemes d'aïllament
 - Secció 21: Procediments d'assaig per debanats de foc -
 - Avaluació tèrmica i classificació
- IEC 60034-25 Guia per al disseny i el rendiment de motors de corrent altern dissenyats específicament per al subministrament de convertidor
- IEC 60034-28 Mètodes d'assaig per determinar les magnituds dels esquemes del circuit equivalent per a motors d'inducció de gàbia trifàsics de baixa tensió.
- IEC 60034-30 Part 30: classes d'eficiència de motors d'una sola velocitat, trifàsics, d'inducció de gàbia

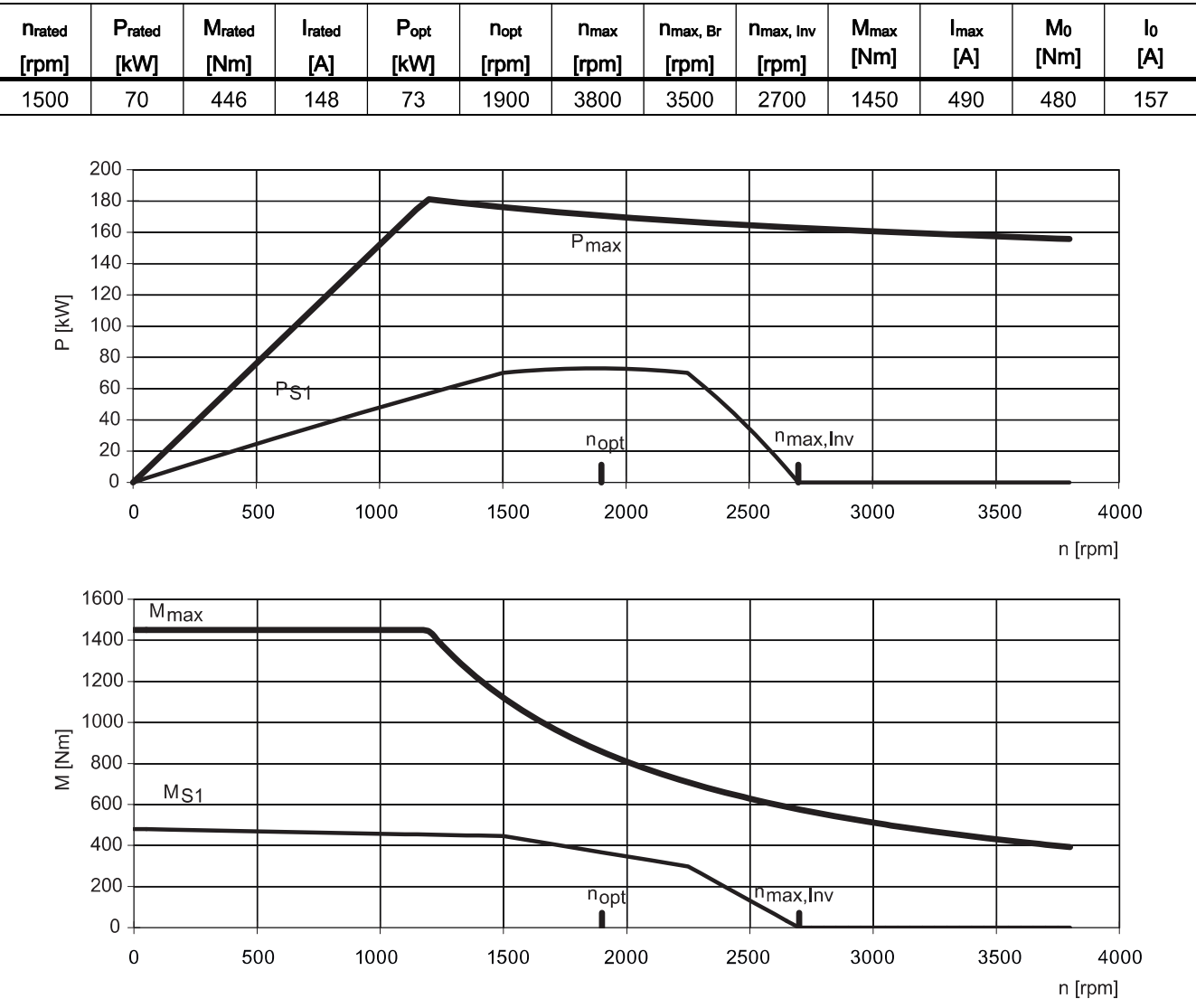
13.1.2. Normativa aplicada de Baixa Tensió

- Reial Decret 842/2002, de 2 d'agost pel qual s'aprova el Reglament Electrotècnic per Baixa Tensió (REBT).
- Ordre IET/2660/2015, d'11 de desembre per la qual s'aproven les instal·lacions tipus i els valors unitaris de referència d'inversió, d'operació i manteniment per element d'immobilitzat i els valors unitaris de retribució d'altres tasques regulades que es faran servir en el càlcul de la retribució de les empreses distribuïdores d'energia elèctrica, s'estableixen les definicions de creixement vegetatiu i augment rellevant de potència i les compensacions per ús i reserva de locals.
- Reial Decret 337/2014, de 9 de maig, pel qual s'aproven el Reglament sobre condicions tècniques i garanties de seguretat en instal·lacions elèctriques d'alta tensió i les seves Instruccions Tècniques Complementàries ITC-RAT 01 a 23.
- Llei 24/2013, de 26 de desembre, del Sector Elèctric.
- Llei 18/2008, del 23 de desembre, de garantia i qualitat del subministrament elèctric
- Reial Decret 1110/2007, de 24 d'agost, pel qual s'aprova el Reglament unificat de punts de mesura del sistema elèctric.
- BOE 224, de 18 de setembre de 2002
- Ordre de 2 de febrer de 1990 per la qual es regula el procediment d'actuació administrativa per a l'aplicació dels reglaments electrotècnics per a alta tensió a les instal·lacions privades.

13.2. ANNEX II: DATASHEET ELEMENTS DRIVES I MOTORS

- **ELEMENTS ACTIUS – MOTORS I DRIVES (IU i DSU)**
- **ELEMENTS DE MESURA**

Table 4- 696 SINAMICS, 3-ph. 400 VAC, Smart/Basic Line Module, (SLM/BLM), 1PH8184-2□F□□

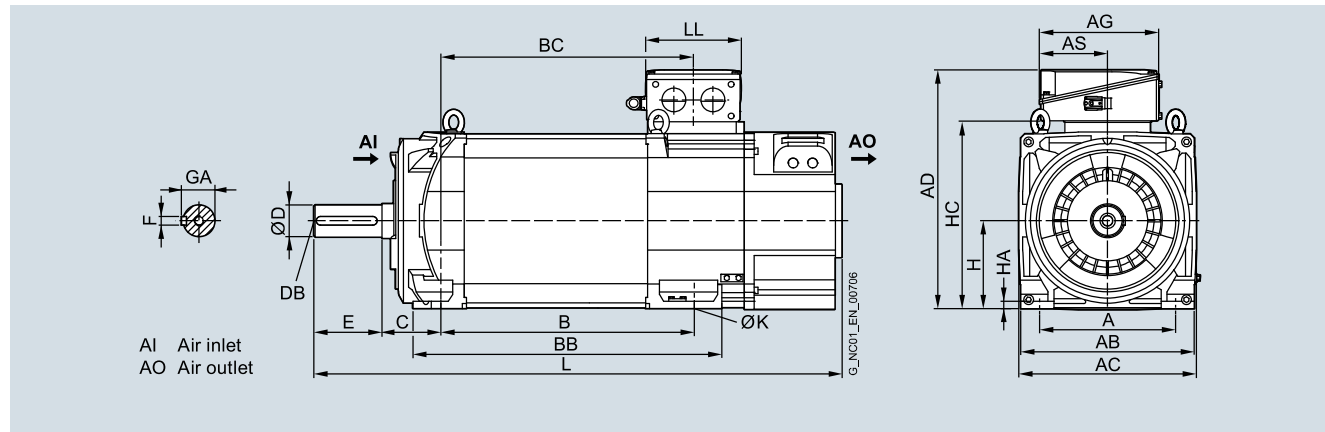


SIMOTICS main motors

Dimensional drawings

SIMOTICS M-1PH8 asynchronous and synchronous motors – SH 180 – Forced ventilation

Dimensional drawings



For motor Dimensions in mm (inches)

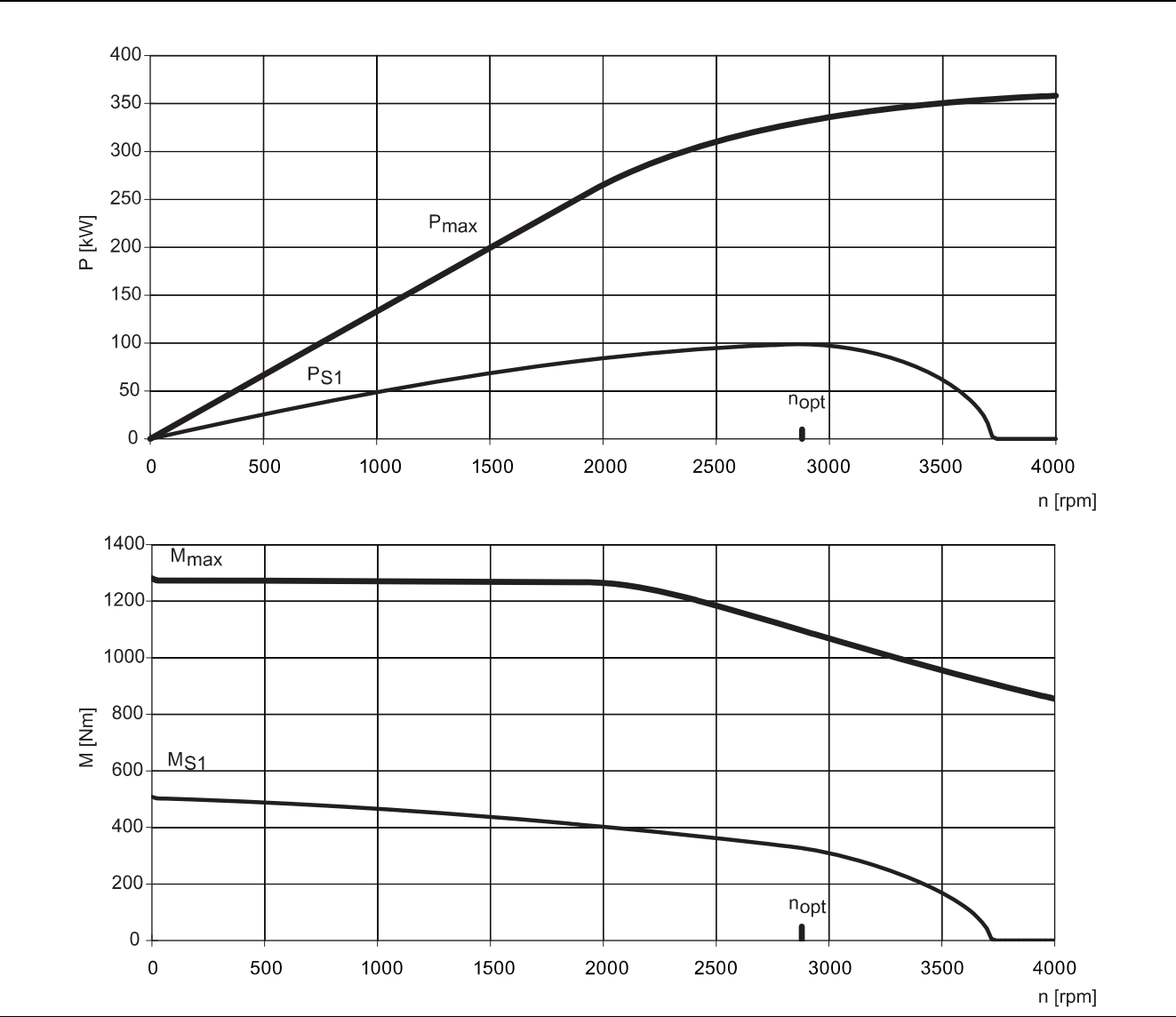
Shaft height	Type													Shaft extension DE				
		IEC A	AB	AC	B	BB	C	H	HA	HC	K	L	D	DB	E	F	GA	
1PH8 type of construction IM B3, forced ventilation – Direction of air flow DE → NDE																		
180	1PH8184	279 (10.98)	356 (14.02)	364 (14.33)	430 (16.93)	545 (21.46)	121 (4.76)	180 (7.09)	15 (0.59)	383 (15.08)	14.5 (0.57)	995 (39.17)	65 (2.56)	M20	140 (5.51)	18 (0.71)	69 (2.72)	
	1PH8186				520 (20.47)	635 (25.00)						1085 (42.72)						

Terminal box Dimensions in mm (inches)

Shaft height	Type	IEC AD	AG	AS	BC	LL
Terminal box type 1XB7322						
180	1PH8184	490 (19.29)	245 (9.65)	140 (5.51)	429 (16.89)	196 (7.72)
	1PH8186				519 (20.43)	
Terminal box type 1XB7422						
180	1PH8184	533 (20.98)	281 (11.06)	176 (6.93)	429 (16.89)	233 (9.17)
	1PH8186				519 (20.43)	
Terminal box type 1XB7700						
180	1PH8184	586 (23.07)	297 (11.69)	156 (6.14)	429 (16.89)	310 (12.20)
	1PH8186				519 (20.43)	

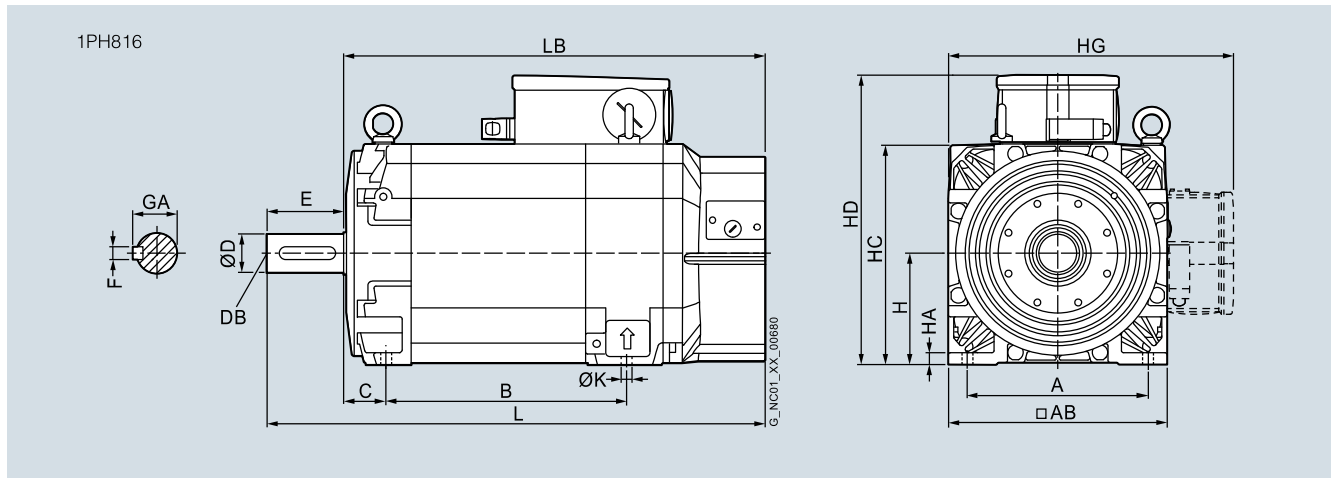
Table 4- 688 SINAMICS, 3-ph. 400 VAC, Active Line Module, (ALM), 1PH8167-□□L□□

n_{rated} [rpm]	P_{rated} [kW]	M_{rated} [Nm]	I_{rated} [A]	P_{opt} [kW]	n_{opt} [rpm]	n_{max} [rpm]	$n_{max, Br}$ [rpm]	$n_{max, Inv}$ [rpm]	M_{max} [Nm]	I_{max} [A]	M_0 [Nm]	I_0 [A]
2800	98.0	335	164	98.6	2880	4000	4000	>4000	1280	661	500	230
2500	95.0	360	177									



SIMOTICS main motors

Dimensional drawings

SIMOTICS M-1PH8 synchronous motors – SH 160 – Forced ventilation**Dimensional drawings**

For motor Dimensions in mm (inches)

Shaft height	Type	IEC A	AB	B	C	H	HA	HC	HD	HG
1PH8, type of construction IM B3, forced ventilation										
160	1PH8165	254 (10.00)	314 (12.36)	406.5 (16.00)	61 (2.40)	160 (6.30)	17 (0.67)	317 (12.48)	415.5 (16.36)	412.5 (16.24)
	1PH8167			446.5 (17.58)						

Shaft height	Type	IEC K	L	LB	Shaft extension DE		E	F	GA
					D	DB			
160	1PH8165	14 (0.55)	780.5 (30.73)	670.5 (26.40)	55 (2.17)	M20	110 (4.33)	16 (0.63)	59 (2.32)
	1PH8167		820.5 (32.30)	710.5 (27.97)					

Product note

Process performance IE3 cast iron motors, frame sizes 280 to 355, generation L

IE3 premium efficiency motors, generation L

ABB's premium efficiency range of the familiar M3BP Process performance motor portfolio has been optimized from a market and efficiency regulation point of view.

This product note presents generation L cast iron motors optimized especially for the European market and for 400 V, 50 Hz networks.

The series covers frame sizes 280 to 355 and is designated with generation code L. Motors optimized for the US and Canada are designated with generation code K.

Motor sizes 280 to 355 are rated from 75 to 355 kilowatts and are available as 2-, 4- and 6-pole versions. More information on motor performance and features is available through our sales channels.

Technical data

IP 55 – IC 411 – Insulation class F, temperature rise class B, IE3 efficiency class according to IEC 60034-30;2008



					Efficiency IEC 60034-2-1: 2007			Power factor	Current		Torque			Inertia		Weight	Sound pressure level, LPA dB
Output kW	Motor type	Product code		Speed n _N r/min	Full load 100%	3/4 load 75%	1/2 load 50%	cos φ	I _N A	I _s /I _N	T _N Nm	T _L /T _N	T _B /T _N	J kgm ²	kg		
3000 r/min = 2 poles				400 V 50 Hz													
75	M3BP	280 SMB 2	3GBP 281220 -**L	2978	94.7	94.5	93.6	0.88	130	7.0	240	2.3	3.0	0.90	665	74	
90	M3BP	280 SMB 2	3GBP 281230 -**L	2975	95.0	95.0	94.3	0.88	155	6.4	288	2.1	2.8	0.99	690	74	
110	M3BP	315 SMB 2	3GBP 311220 -**L	2982	95.2	95.0	94.0	0.87	192	7.0	352	1.8	2.7	1.30	910	78	
132	M3BP	315 SMC 2	3GBP 311230 -**L	2982	95.4	95.3	94.4	0.88	227	6.8	422	2.0	2.8	1.50	965	78	
160	M3BP	315 SMD 2	3GBP 311240 -**L	2983	95.6	95.5	94.9	0.88	275	7.4	512	2.2	2.8	1.70	1025	78	
200	M3BP	315 MLA 2	3GBP 311410 -**L	2983	95.8	95.8	95.4	0.88	342	7.7	640	2.5	3.1	2.10	1190	81	
250	M3BP	315 LKB 2	3GBP 311820 -**L	2983	95.8	95.9	95.5	0.90	419	7.7	800	2.5	3.3	2.90	1440	81	
250	M3BP	355 SMA 2	3GBP 351210 -**L	2984	96.0	95.8	94.9	0.89	422	7.7	800	2.1	3.3	3.00	1600	83	
315	M3BP	355 SMB 2	3GBP 351220 -**L	2980	96.1	96.0	95.4	0.89	532	7.0	1009	2.1	3.0	3.40	1680	83	
355	M3BP	355 SMC 2	3GBP 351230 -**L	2985	96.2	96.1	95.5	0.88	605	7.2	1135	2.2	3.0	3.60	1750	83	
1500 r/min = 4 poles				400 V 50 Hz													
75	M3BP	280 SMB 4	3GBP 282220 -**L	1484	95.0	95.1	94.6	0.85	134	6.5	482	2.3	2.8	1.38	645	75	
90	M3BP	280 SMC 4	3GBP 282230 -**L	1485	95.2	95.4	94.9	0.86	159	7.1	578	2.5	2.9	1.73	700	75	
110	M3BP	315 SMB 4	3GBP 312220 -**L	1489	95.4	95.4	94.8	0.85	195	7.0	705	2.1	3.0	2.43	930	71	
132	M3BP	315 SMC 4	3GBP 312230 -**L	1488	95.6	95.7	95.3	0.86	231	6.7	847	2.2	2.9	2.90	1000	71	
160	M3BP	315 SMD 4	3GBP 312240 -**L	1488	95.8	95.9	95.5	0.85	284	6.9	1026	2.2	3.0	3.20	1000	71	
200	M3BP	315 MLB 4	3GBP 312420 -**L	1487	96.0	96.3	96.1	0.86	350	6.8	1284	2.4	3.0	3.90	1220	74	
250	M3BP	315 LKA 4	3GBP 312810 -**L	1488	96.0	96.2	96.0	0.85	442	6.9	1604	2.5	3.2	4.40	1410	78	
250	M3BP	355 SMA 4	3GBP 352210 -**L	1491	96.2	96.2	95.8	0.86	436	6.4	1601	2.1	2.9	5.90	1610	78	
315	M3BP	355 SMB 4	3GBP 352220 -**L	1491	96.2	96.3	95.8	0.86	550	7.2	2017	2.3	3.3	6.90	1780	78	
355	M3BP	355 SMC 4	3GBP 352230 -**L	1490	96.0	96.1	95.8	0.86	621	6.3	2273	2.3	2.8	7.20	1820	78	

				Speed n _N r/min	Efficiency IEC 60034-2-1: 2007			Power factor cos φ	Current		Torque			Inertia	Weight kg	Sound pressure level, LPA dB
Output kW	Motor type	Product code	Full load		3/4 load	1/2 load	I _N		I _g /I _N	T _N	T _L /T _N	T _B /T _N	J			
			100%		75%	50%	A			Nm			kgm ²			
1000 r/min = 6 poles				400 V 50 Hz												
45	M3BP	280 SMB 6	3GBP 283220 -**L	991	93.7	94.0	93.5	0.84	83	7.4	433	2.7	3.0	1.87	645	72
55	M3BP	280 SMC 6	3GBP 283230 -**L	992	94.1	94.4	93.9	0.85	99	7.5	528	2.8	3.0	2.57	725	71
75	M3BP	315 SMB 6	3GBP 313220 -**L	994	94.6	94.8	94.3	0.84	136	6.8	720	1.8	2.6	4.10	930	75
90	M3BP	315 SMC 6	3GBP 313230 -**L	994	94.9	95.1	94.5	0.84	163	7.2	864	2.0	3.0	4.60	1000	76
110	M3BP	315 SMD 6	3GBP 313240 -**L	994	95.1	95.3	94.8	0.83	201	7.3	1056	2.2	3.1	4.90	1000	75
132	M3BP	315 MLB 6	3GBP 313420 -**L	995	95.4	95.5	94.8	0.82	244	7.3	1266	2.3	3.2	6.30	1200	72
160	M3BP	315 LKA 6	3GBP 313810 -**L	994	95.6	95.8	95.4	0.81	298	7.5	1535	2.2	3.1	7.30	1410	76
160	M3BP	355 SMA 6	3GBP 353210 -**L	993	95.7	96.0	95.7	0.82	294	6.7	1538	2.5	2.6	7.90	1520	75
200	M3BP	355 SMB 6	3GBP 353220 -**L	993	95.8	96.1	95.9	0.82	367	6.7	1923	2.6	2.5	9.70	1680	75
250	M3BP	355 SMC 6	3GBP 353230 -**L	993	95.9	96.1	95.8	0.81	465	7.7	2404	3.0	3.1	11.3	1820	75
315	M3BP	355 MLB 6	3GBP 353420 -**L	993	96.0	96.3	96.0	0.83	571	6.8	3029	2.6	3.2	13.5	2180	76
355	M3BP	355 LKA 6	3GBP 353810 -**L	993	96.0	96.2	95.9	0.81	659	7.5	3413	2.9	3.2	15.5	2500	76

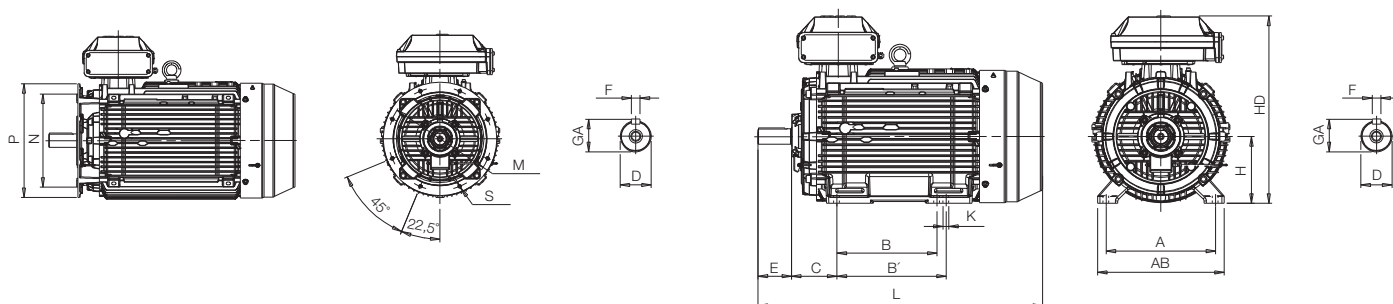
I_S/I_N = Starting current

T_L/T_N = Locked-rotor torque

T_B/T_N = Breakdown torque

Dimensions

Process performance cast iron motors IE3 frame sizes 280 to 355.



Motor size	IM 1001, IM B3 and IM 3001, IM B5										IM 1001, IM B3						IM 3001, IM B5				
	D poles		GA poles		F poles		E poles		L max poles		A	B	B'	C	HD	K	H	M	N	P	S
	2	4-6	2	4-6	2	4-6	2	4-6	2	4-6											
280	65	75	69	79.5	18	20	140	140	1088	1088	457	368	419	190	762	24	280	500	450	550	18
280 ML	65	75	69	79.5	18	20	140	140	1189	1189	457	419	457	190	785	24	280	500	450	550	18
315 SM	65	80	69	85	18	22	140	170	1174	1204	508	406	457	216	852	30	315	600	550	660	23
315 ML	65	90	69	95	18	25	140	170	1285	1315	508	457	508	216	852	30	315	600	550	660	23
355 SM	70	100	62.5	90	20	28	140	210	1409	1479	610	500	560	254	958	35	355	740	680	800	23
355 ML	70	100	62.5	90	20	28	140	210	1514	1584	610	560	630	254	958	35	355	740	680	800	23
355 LK	70	100	62.5	90	20	28	140	210	1764	1834	610	710	900	254	958	35	355	740	680	800	23

For more information please contact:

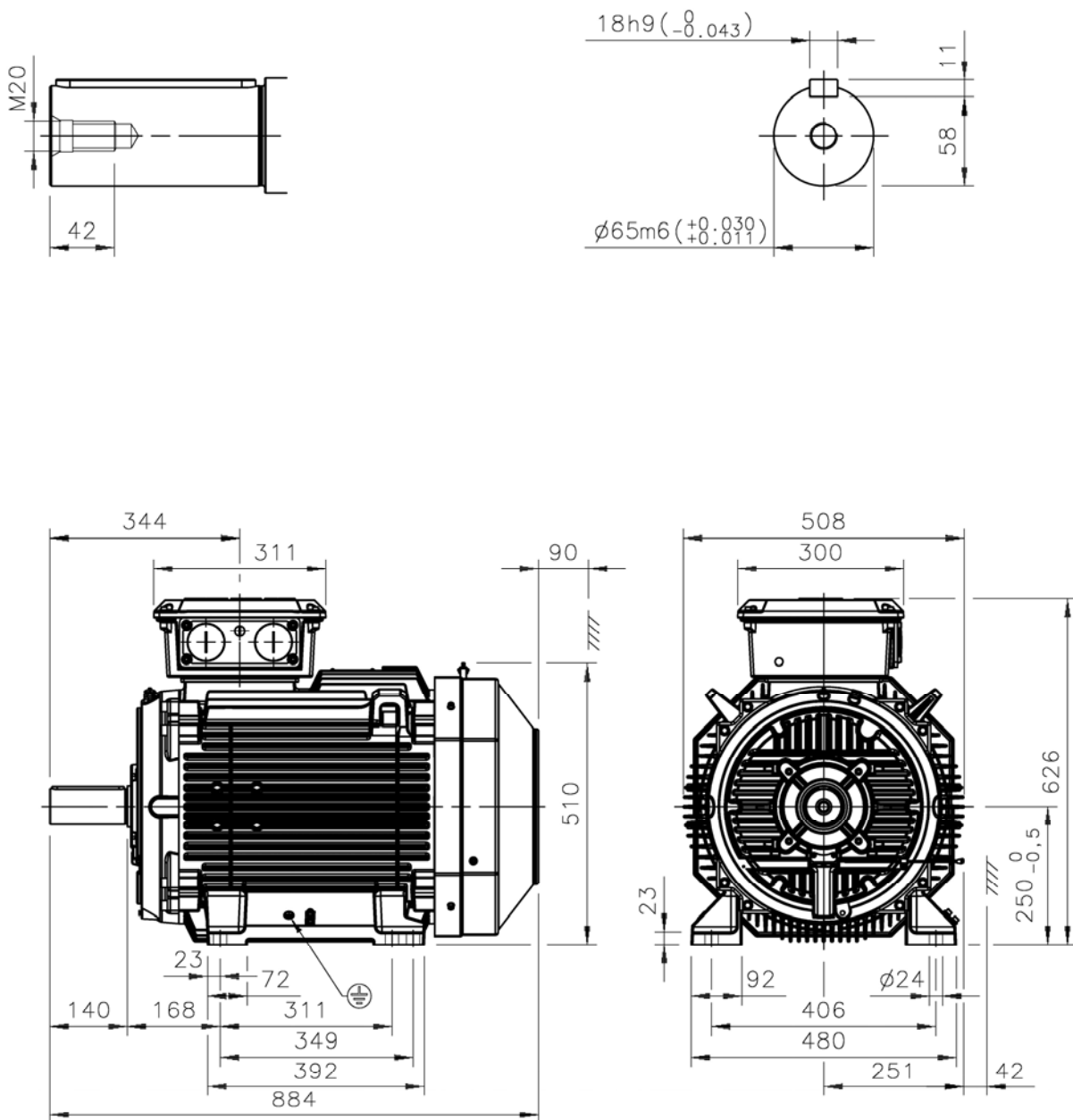
www.abb.com/motors&generators

© Copyright 2014 ABB. All rights reserved. Specifications subject to change without notice.

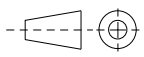


Test Report				Date of issue: 11.1.2016							
				Serial No.: 3GF13167850							
				Type: M3BP 280SMB 4 IMB3/IM1001							
				Product Code: 3GBP282220-ADL							
Rating:											
				V	Hz	kW	r/min	A	cos φ	Duty	
3~Motor				690	Y	50	75	1485	77,7	0,86	S1
Insul.cl.F				400	D	50	75	1485	133	0,86	S1
IP55				415	D	50	75	1486	129	0,85	S1
				440	D	60	75	1784	121	0,85	S1
				460	D	60	75	1785	117	0,84	S1
Eff class IE3				50Hz: IE3-95.0%(100%)-95.2%(75%)-94.8%(50%) 60Hz: IE2-94.5%(100%)							
Resistance				Insulation resistance at 55 °C				Overload			
Line				37000 MΩ 1000 V				Torque 160% 15s			
U ₁ - V ₁				Ambient: 23 °C				High-voltage test winding 2400 V 60 s			
U ₁ - W ₁				0,03721 Ω							
V ₁ - W ₁				0,03726 Ω							
				0,03724 Ω							
Test	Torque [Nm]	Line U[V]	f[Hz]	Input I[A]	P1 [kW]	Output P2 [kW]	n[r/min]	cos φ	η [%]		
No load test		400,0 D	50	44,1	1,42		1500	0,05			
Locked rotor test		71,2 D	50	133,0	5,37		0	0,33			
Thermal test (100% load)	482,6	400,1 D	50	133,3	79,0	75,0	1485	0,86	95,0		
Partial load points:											
~75% load	363,5	400,1 D	50	103,5	59,1	56,3	1489	0,82	95,2		
~50% load	241,8	400,1 D	50	76,6	39,6	37,5	1493	0,75	94,8		
~25% load	122,7	400,1 D	50	55,0	20,4	18,8	1497	0,54	92,1		
Temperature rise at rated load.				[°C]	[K]	Method	Measurement method				
Stator winding :				49	1	1 Resistance					
Frame :				24	2	2 Thermometer					
Bearing D-end :				32	2	3 Thermocouples					
Rotor :				64	3						
Ambient Temperature :				25	2						
Starting current (I _S / I _N) : 6,36 Locked rotor torque (T _L / T _N) : 2,34 Breakdown torque (T _B / T _N) : 2,76 Pull-up torque (T _U / T _N) : 2,12											
Manufactured and tested in accordance with rules of IEC 60034-1 and IEC 60034-2-1. PLL determined from residual loss.											
On behalf of customer											
On behalf of manufacturer Date of test 25.7.2013											
Tested by ABB Oy, Motors and Generators, Vaasa, Finland											
Telephone +358 10 2211 Telefax +358 10 22 47372											

Computer print-out valid without signature.



Additional information:

Dimension Print	Motor Type:	Document No:
	M3BP (G,L,K) 250SM_4-8 B3, B6, B7, B8, V5, V6	3GZF500025-362 B
	M3GP (D,L,K) 250SM_4-8 B3, B6, B7, B8, V6	13 BP 250 A
Description: STANDARD SQUIRREL CAGE MOTOR		
Unit: Motors and Generators	Issued by: C.Özer	Replaces:
Date: 16.09.2016	Approved by: O.Pettersson	Replaced by:
ABB Oy	Customer Reference:	ABB

Ratings, types and voltages

Inverter units, $U_N = 400 \text{ V}$

Inverter unit (INU), ACS880-107

$U_N = 400 \text{ V}$ (range 380 to 415 V). The power ratings are valid at nominal voltage 400 V (1.5 to 2800 kW).

Nominal ratings			Light-overload use		Heavy-duty use		Noise level	Heat dissipation	Air flow	Type designation	Frame size
I_N A (AC)	I_{\max} A (AC)	P_N kW	I_{Ld} A	P_{Ld} kW	I_{Hd} A	P_{Hd} kW	dB(A)	kW	m³/h		
4.8	7	1.5	4.5	1.5	4	1.5	47	0.07	24	ACS880-107-004A8-3	R1i
6	8.8	2.2	5.5	2.2	5	1.5	47	0.08	24	ACS880-107-006A0-3	R1i
8	10.5	3	7.6	3	6	2.2	47	0.09	24	ACS880-107-008A0-3	R1i
10.5	13.5	4	9.7	4	9	3	39	0.11	48	ACS880-107-0011A-3	R2i
14	16.5	5.5	13	5.5	11	4	39	0.14	48	ACS880-107-0014A-3	R2i
18	21	7.5	16.8	7.5	14	5.5	39	0.17	48	ACS880-107-0018A-3	R2i
25	33	11	23	11	19	7.5	63	0.20	142	ACS880-107-0025A-3	R3i
35	44	15	32	15	29	11	63	0.30	142	ACS880-107-0035A-3	R3i
44	53	18.5	41	18.5	35	15	71	0.35	200	ACS880-107-0044A-3	R3i
50	66	22	46	22	44	22	71	0.41	200	ACS880-107-0050A-3	R3i
61	78	30	57	30	52	22	70	0.50	290	ACS880-107-0061A-3	R4i
78	100	37	74	37	69	30	70	0.60	290	ACS880-107-0078A-3	R4i
94	124	45	90	45	75	37	70	0.74	290	ACS880-107-0094A-3	R4i
104	125	55	100	55	78	37	70	0.75	290	ACS880-107-0100A-3	R4i
141	183	75	135	75	105	55	71	1.1	650	ACS880-107-0140A-3	R6i
169	220	90	162	90	126	55	71	1.4	650	ACS880-107-0170A-3	R6i
206	268	110	198	110	154	75	71	1.8	650	ACS880-107-0210A-3	R6i
246	320	132	236	132	184	90	71	2	650	ACS880-107-0250A-3	R6i
300	390	160	288	160	224	110	72	2.5	940	ACS880-107-0300A-3	R7i
350	455	200	336	200	262	132	72	3.1	940	ACS880-107-0350A-3	R7i
470	620	250	451	250	352	160	72	4.8	1300	ACS880-107-0470A-3	R8i
640	840	355	614	315	479	250	72	6.7	1300	ACS880-107-0640A-3	R8i
760	990	400	730	400	568	315	72	8	1300	ACS880-107-0760A-3	R8i
900	1080	500	864	450	673	355	72	10	1300	ACS880-107-0900A-3	R8i
1250	1630	630	1200	630	935	500	74	13	2600	ACS880-107-1250A-3	2×R8i
1480	1930	800	1421	800	1107	630	74	16	2600	ACS880-107-1480A-3	2×R8i
1760	2120	1000	1690	900	1316	710	74	20	2600	ACS880-107-1760A-3	2×R8i
2210	2660	1200	2122	1200	1653	900	76	23	3900	ACS880-107-2210A-3	3×R8i
2610	3140	1400	2506	1400	1952	1000	76	30	3900	ACS880-107-2610A-3	3×R8i
3450	4140	1800	3312	1800	2581	1400	76	40	5200	ACS880-107-3450A-3	4×R8i
4290	5150	2400	4118	2000	3209	1800	77	50	6500	ACS880-107-4290A-3	5×R8i
5130	6160	2800	4925	2400	3837	2000	78	60	7800	ACS880-107-5130A-3	6×R8i

Dimensions

Frame size	Height (mm)	Width (mm)	Depth (mm)	Weight (kg)
R1i	2145 ²⁾	400 to 1000 ¹⁾	636 ⁴⁾	200
R2i	2145 ²⁾	400 to 1000 ¹⁾	636 ⁴⁾	200
R3i	2145 ²⁾	400 to 1000 ¹⁾	636 ⁴⁾	210
R4i	2145 ²⁾	400 to 1000 ¹⁾	636 ⁴⁾	220
R6i	2145 ²⁾	400	636 ⁴⁾	250
R7i	2145 ²⁾	400	636 ⁴⁾	250
R8i	2145 ²⁾	400 ³⁾	636 ⁵⁾	320
2×R8i	2145 ²⁾	600 ³⁾	636 ⁵⁾	510
3×R8i	2145 ²⁾	800 ³⁾	636 ⁵⁾	660
4×R8i	2145 ²⁾	1200 ³⁾	636 ⁵⁾	1020
5×R8i	2145 ²⁾	1400 ³⁾	636 ⁵⁾	1070
6×R8i	2145 ²⁾	1600 ³⁾	636 ⁵⁾	1320

¹⁾ Width depends on the amount of inverter units. With option own compartment (+C204) 400 mm for max. 3 inverters

²⁾ Cabinet height 2315 mm for IP54 and 2051 mm for IPxxR. An additional 10 mm required for marine supports.

³⁾ 300 mm is required for drive control unit (DCU). One DCU can be used for two drive units.

⁴⁾ Top exit with backpack for R1i to R7i, additional depth is 130 mm.

⁵⁾ Top exit with backpack for n×R8i, additional depth is 190 mm.

Nominal ratings

I_N	Rated current available continuously without overloadability at 40 °C.
S_N	Nominal apparent power.
P_N	Typical motor power in no-overload use.
I_{\max}	Maximum output current. Available for 10 seconds at start, then as long as allowed by drive temperature.

Light-overload use

I_{Ld}	Continuous current allowing 110% I_{Ld} for 1 min/5 min at 40 °C.
P_{Ld}	Typical motor power in light-overload use.

Heavy-duty use

I_{Hd}	Continuous current allowing 150% I_{Hd} for 1 min/5 min at 40 °C.
P_{Hd}	Typical motor power in heavy-duty use.

The ratings apply at 40 °C ambient temperature. At higher temperatures (up to 50 °C) the derating is 1%/1 °C. The current ratings are the same regardless of the supply voltage within one voltage range. Dimensioning has to be checked by DriveSize.

Ratings, types and voltages

Supply units, $U_N = 400\text{ V}$

$U_N = 400\text{ V}$ (range 380 to 415 V)													
Nominal ratings				No-over-load use	Light-overload use		Heavy-duty use		Noise level	Heat dissipation	Air flow	Type designation	Frame size
I_N A (AC)	I_N A (DC)	I_{max} A (DC)	S_N kVA	P_N kW (DC)	I_{Ld} A (DC)	P_{Ld} kW (DC)	I_{Hd} A (DC)	P_{Hd} kW (DC)	dB(A)	kW	m³/h		
IGBT supply units (ISU), ACS880-207													
423	513	667	293	301	492	289	384	225	72	9.2	2200	ACS880-207-0420A-3	R8i+BLCL-13-5
576	698	908	399	410	670	393	522	307	72	12	2200	ACS880-207-0580A-3	R8i+BLCL-13-5
810	982	1277	561	576	943	553	735	431	72	17.4	2200	ACS880-207-0810A-3	R8i+BLCL-15-5
1125	1364	1773	779	801	1309	769	1020	599	74	21.5	4100	ACS880-207-1130A-3	2×R8i+BLCL-24-5
1332	1615	2100	923	948	1550	910	1208	709	74	23.9	4100	ACS880-207-1330A-3	2×R8i+BLCL-24-5
1584	1921	2497	1097	1127	1844	1082	1437	843	74	31.7	4100	ACS880-207-1580A-3	2×R8i+BLCL-25-5
2349	2848	3703	1627	1672	2734	1605	2130	1250	76	47.1	6900	ACS880-207-2350A-3	3×R8i+2×BLCL-24-5
3105	3765	4894	2151	2210	3614	2121	2816	1653	76	63.1	8200	ACS880-207-3110A-3	4×R8i+2×BLCL-25-5
4617	5598	7278	3199	3286	5374	3154	4187	2458	78	94.5	12300	ACS880-207-4620A-3	6×R8i+3×BLCL-25-5

$U_N = 400\text{ V}$ (range 230 to 451 V)													
Regenerative rectifier units (RRU), ACS880-907													
600	735	955	416	397	705	381	550	297	72	8	2200	ACS880-907-0600A-3	1xR8i + BL-15-5
900	1102	1433	624	595	1058	571	824	445	72	13	2200	ACS880-907-0900A-3	1xR8i + BL-15-5
1180	1445	1879	818	780	1387	749	1081	584	74	16	4100	ACS880-907-1180A-3	2xR8i + BL-25-5
1770	2168	2818	1226	1171	2081	1124	1622	876	74	25	4100	ACS880-907-1770A-3	2xR8i + BL-25-5
2310	2829	3678	1600	1528	2716	1467	2116	1143	76	31	8200	ACS880-907-2310A-3	4xR8i + 2xBL-25-5
3460	4238	5509	2397	2288	4068	2197	3170	1712	76	50	8200	ACS880-907-3460A-3	4xR8i + 2xBL-25-5
5130	6283	8168	3554	3393	6032	3257	4700	2538	78	76	12300	ACS880-907-5130A-3	6xR8i + 3xBL-25-5

Diode supply units (DSU), ACS880-307													
6-pulse diode													
80	98	137	55	53	94	51	78	42	62	1.4	720	ACS880-307-0080A-3+A003	D6D ⁶⁾
173	212	297	120	114	203	110	170	92	62	2	720	ACS880-307-0170A-3+A003	D6D ⁶⁾
327	400	561	227	216	384	208	320	173	62	3	1070	ACS880-307-0330A-3+A003	D7D ⁶⁾
490	600	840	339	324	576	311	480	259	62	4.1	1070	ACS880-307-0490A-3+A003	D7D ⁶⁾
653	800	1120	452	432	768	415	640	345	65	5.8	1430	ACS880-307-0650A-3+A003	D8D ⁶⁾
980	1200	1680	679	648	1152	622	960	519	65	8	1430	ACS880-307-0980A-3+A003	D8D ⁶⁾
653	800	1120	453	432	768	415	598	323	72	5	1300	ACS880-307-0650A-3+A018	D8T ⁹⁾
980	1200	1680	679	648	1152	622	898	485	72	7	1300	ACS880-307-0980A-3+A018	D8T ⁹⁾
1215	1488	2083	842	804	1428	771	1113	601	74	9	2600	ACS880-307-1210A-3+A018	2×D8T ⁹⁾
1822	2232	3125	1263	1205	2143	1157	1670	902	74	13	2600	ACS880-307-1820A-3+A018	2×D8T ⁹⁾
2734	3348	4687	1894	1808	3214	1736	2504	1352	76	20	3900	ACS880-307-2730A-3+A018	3×D8T ⁹⁾
3645	4464	6250	2525	2411	4285	2314	3339	1803	76	27	5200	ACS880-307-3640A-3+A018	4×D8T ⁹⁾
4556	5580	7812	3157	3013	5357	2893	4174	2254	77	33	6500	ACS880-307-4560A-3+A018	5×D8T ⁹⁾
5467	6696	9374	3788	3616	6428	3471	5009	2705	78	40	7800	ACS880-307-5470A-3+A018	6×D8T ⁹⁾
12-pulse diode													
911	1116	1562	631	603	1071	579	835	451	74	8	1800	ACS880-307-0910A-3+A004+A018	2×D7T ¹⁰⁾
1215	1488	2083	842	804	1428	771	1113	601	74	9	2600	ACS880-307-1210A-3+A004+A018	2×D8T ¹⁰⁾
1822	2232	3125	1263	1205	2143	1157	1670	902	74	13	2600	ACS880-307-1820A-3+A004+A018	2×D8T ¹⁰⁾
2430	2976	4166	1683	1607	2857	1543	2226	1202	76	18	5200	ACS880-307-2430A-3+A004+A018	4×D8T ¹⁰⁾
3645	4464	6250	2525	2411	4285	2314	3339	1803	76	27	5200	ACS880-307-3640A-3+A004+A018	4×D8T ¹⁰⁾
5467	6696	9374	3788	3616	6428	3471	5009	2705	78	40	7800	ACS880-307-5470A-3+A004+A018	6×D8T ¹⁰⁾

Dimensions (Including ACU, ICU and ISU/DSU/RRU)

Frame size	Height (mm)	Width (mm)	Depth (mm)	Weight (kg)
IGBT supply units (ISU)				
R8i+BLCL-13-5	2145	1000 ⁶⁾	636	860
R8i+BLCL-13-5	2145	1600 ⁷⁾	636	1300
R8i+BLCL-15-5	2145	1000 ⁶⁾	636	860
R8i+BLCL-15-5	2145	1600 ⁷⁾	636	1300
2×R8i+BLCL-24-5	2145	2000	636	1600
2×R8i+BLCL-25-5	2145	2000	636	1720
3×R8i+2xBLCL-24-5	2145	2600	636	2410
4×R8i+2xBLCL-25-5	2145	2800	636	2820
6×R8i+3xBLCL-25-5	2145	4000	636	3960
Regenerative rectifier units (RRU)				
R8i+BL-15-7	2145	1600	636	1275
2×R8i+BL-25-7	2145	2000	636	1615
4×R8i+2xBL-25-7	2145	2800	636	2610
4×R8i+2xBL-25-7	2145	3200	636	2610
6×R8i+3xBL-25-7	2145	4000	636	3645

Frame size	Height (mm)	Width (mm)	Depth (mm)	Weight (kg)
Diode supply units (DSU)				
6-pulse diode				
D6D	2145	400	636	300
D7D	2145	400	636	350
D8D	2145	700	636	550
D8T	2145	1400	636	850
2×D8T	2145	1600	636	1130
3×D8T	2145	2000	636	1560
4×D8T	2145	2800 ¹⁾	636	2140 ²⁾
5×D8T	2145	3000	636	2420
6×D8T	2145	3200	636	2700
12-pulse diode				
2×D7T	2145	1800	636	900
2×D8T	2145	1800	636	1180 ³⁾
4×D8T ⁴⁾	2145	2400	636	1840
4×D8T ⁵⁾	2145	3000	636	2040
6×D8T	2145	3400	636	2900

¹⁾ 690 V, 2400 mm

²⁾ 690 V, 1940 kg

³⁾ 690 V, 1130 kg

⁴⁾ 2430A-3

⁵⁾ 3640A-3

⁶⁾ Valid for ACS880 multidrives limited scope

⁷⁾ Valid for ACS880 multidrives

⁸⁾ +A003 6-pulse, uncontrolled diode bridge

⁹⁾ +A018 6-pulse, half controlled diode bridge

¹⁰⁾ +A004 12-pulse, DSU

Ratings, types and voltages

Inverter units, $U_N = 500 \text{ V}$

Inverter unit (INU), ACS880-107

$U_N = 500 \text{ V}$ (range 380 to 500 V). The power ratings are valid at nominal voltage 500 V (1.5 to 3200 kW).

Nominal ratings			Light-overload use		Heavy-duty use		Noise level	Heat dissipation	Air flow	Type designation	Frame size
I_N A (AC)	I_{\max} A (AC)	P_N kW	I_{Ld} A	P_{Ld} kW	I_{Hd} A	P_{Hd} kW	dB(A)	kW	m³/h		
3.6	5.3	1.5	3.4	1.5	3	1.5	47	0.06	24	ACS880-107-003A6-5	R1i
4.8	7	2.2	4.5	2.2	4	1.5	47	0.07	24	ACS880-107-004A8-5	R1i
6	8.8	3	5.5	3	5	2.2	47	0.08	24	ACS880-107-006A0-5	R1i
8	10.5	4	7.6	4	6	3	47	0.09	24	ACS880-107-008A0-5	R1i
10.5	13.5	5.5	9.7	5.5	9	4	39	0.13	48	ACS880-107-0011A-5	R2i
14	16.5	7.5	13	7.5	11	5.5	39	0.15	48	ACS880-107-0014A-5	R2i
18	21	11	16.8	11	14	7.5	39	0.18	48	ACS880-107-0018A-5	R2i
25	33	15	23	15	19	11	63	0.23	142	ACS880-107-0025A-5	R3i
30	36	18.5	28	18.5	24	15	63	0.28	142	ACS880-107-0030A-5	R3i
35	44	22	32	22	29	18.5	63	0.32	142	ACS880-107-0035A-5	R3i
50	66	30	46	30	44	22	71	0.48	200	ACS880-107-0050A-5	R3i
61	78	37	57	37	52	30	70	0.55	290	ACS880-107-0061A-5	R4i
78	100	45	74	45	69	45	70	0.65	290	ACS880-107-0078A-5	R4i
94	124	55	90	55	75	45	70	0.80	290	ACS880-107-0094A-5	R4i
113	147	75	108	75	85	55	71	1	650	ACS880-107-0110A-5	R6i
136	177	90	131	90	102	55	71	1.2	650	ACS880-107-0140A-5	R6i
165	215	110	158	110	123	75	71	1.5	650	ACS880-107-0170A-5	R6i
197	256	132	189	132	147	90	71	1.8	650	ACS880-107-0200A-5	R6i
240	312	160	230	160	180	110	71	2	650	ACS880-107-0240A-5	R6i
302	393	200	290	200	226	132	72	2.7	940	ACS880-107-0300A-5	R7i
340	442	250	326	200	254	160	72	3.2	940	ACS880-107-0340A-5	R7i
440	580	250	422	250	329	200	72	4.7	1300	ACS880-107-0440A-5	1×R8i
590	770	400	566	355	441	250	72	6.3	1300	ACS880-107-0590A-5	1×R8i
740	970	500	710	450	554	355	72	8.1	1300	ACS880-107-0740A-5	1×R8i
810	1060	560	778	500	606	400	72	9.3	1300	ACS880-107-0810A-5	1×R8i
1150	1500	800	1104	710	860	560	74	12	2600	ACS880-107-1150A-5	2×R8i
1450	1890	1000	1392	900	1085	710	74	16	2600	ACS880-107-1450A-5	2×R8i
1580	2060	1100	1517	1000	1182	800	74	18	2600	ACS880-107-1580A-5	2×R8i
2150	2800	1500	2064	1400	1608	1100	76	24	3900	ACS880-107-2150A-5	3×R8i
2350	3060	1600	2256	1500	1758	1200	76	27	3900	ACS880-107-2350A-5	3×R8i
3110	4050	2000	2986	2000	2326	1600	76	36	5200	ACS880-107-3110A-5	4×R8i
3860	5020	2400	3706	2400	2887	2000	77	44	6500	ACS880-107-3860A-5	5×R8i
4610	6000	3200	4426	2800	3448	2400	78	53	7800	ACS880-107-4610A-5	6×R8i

Dimensions

Frame size	Height (mm)	Width (mm)	Depth (mm)	Weight (kg)
R1i	2145 ²⁾	400 to 1000 ¹⁾	636 ⁴⁾	200
R2i	2145 ²⁾	400 to 1000 ¹⁾	636 ⁴⁾	200
R3i	2145 ²⁾	400 to 1000 ¹⁾	636 ⁴⁾	210
R4i	2145 ²⁾	400 to 1000 ¹⁾	636 ⁴⁾	220
R6i	2145 ²⁾	400	636 ⁴⁾	250
R7i	2145 ²⁾	400	636 ⁴⁾	250
R8i	2145 ²⁾	400 ³⁾	636 ⁵⁾	320
2×R8i	2145 ²⁾	600 ³⁾	636 ⁵⁾	510
3×R8i	2145 ²⁾	800 ³⁾	636 ⁵⁾	660
4×R8i	2145 ²⁾	1200 ³⁾	636 ⁵⁾	1020
5×R8i	2145 ²⁾	1400 ³⁾	636 ⁵⁾	1070
6×R8i	2145 ²⁾	1600 ³⁾	636 ⁵⁾	1320

¹⁾ Width depends on the amount of inverter units. With option own compartment (+C204) 400 mm for max. 3 inverters.

²⁾ Cabinet height 2315 mm for IP54 and 2051 mm for IPxxR. An additional 10 mm required for marine supports.

³⁾ 300 mm is required for drive control unit (DCU). One DCU can be used for two drive units.

⁴⁾ Top exit with backpack for R1i to R7i, additional depth is 130 mm.

⁵⁾ Top exit with backpack for n×R8i, additional depth is 190 mm.

Nominal ratings

I_N	Rated current available continuously without overloadability at 40 °C.
S_N	Nominal apparent power.
P_N	Typical motor power in no-overload use.
I_{\max}	Maximum output current. Available for 10 seconds at start, then as long as allowed by drive temperature.

Light-overload use

I_{Ld}	Continuous current allowing 110% I_{Ld} for 1 min/5 min at 40 °C.
P_{Ld}	Typical motor power in light-overload use.

Heavy-duty use

I_{Hd}	Continuous current allowing 150% I_{Hd} for 1 min/5 min at 40 °C.
P_{Hd}	Typical motor power in heavy-duty use.

The ratings apply at 40 °C ambient temperature. At higher temperatures (up to 50 °C) the derating is 1%/1 °C. The current ratings are the same regardless of the supply voltage within one voltage range. Dimensioning has to be checked by DriveSize.

Ratings, types and voltages

Supply units, $U_N = 500\text{ V}$

$U_N = 500\text{ V}$ (range 380 to 500 V)													
Nominal ratings				No-over-load use	Light-overload use		Heavy-duty use		Noise level	Heat dissipation	Air flow	Type designation	Frame size
I_N A (AC)	I_N A (DC)	I_{\max} A (DC)	S_N kVA	P_N kW (DC)	I_{Ld} A (DC)	P_{Ld} kW (DC)	I_{Hd} A (DC)	P_{Hd} kW (DC)	dB(A)	kW	m³/h		
IGBT supply units (ISU), ACS880-207													
396	480	624	343	340	461	326	359	254	72	9.2	2200	ACS880-207-0400A-5	R8i+BLCL-13-5
531	644	837	460	455	618	437	482	341	72	11.5	2200	ACS880-207-0530A-5	R8i+BLCL-13-5
729	884	1149	631	625	849	600	661	468	72	16.7	2200	ACS880-207-0730A-5	R8i+BLCL-15-5
1035	1255	1631	896	887	1205	852	939	664	74	20.7	4100	ACS880-207-1040A-5	2×R8i+BLCL-24-5
1422	1724	2241	1231	1219	1655	1170	1290	912	74	29.3	4100	ACS880-207-1420A-5	2×R8i+BLCL-25-5
2115	2564	3334	1832	1813	2462	1741	1918	1356	76	43.8	6900	ACS880-207-2120A-5	3×R8i+2×BLCL-24-5
2799	3394	4412	2424	2400	3258	2304	2539	1795	76	58.4	8200	ACS880-207-2800A-5	4×R8i+2×BLCL-25-5
4149	5031	6540	3593	3557	4829	3415	3763	2661	78	87.4	12300	ACS880-207-4150A-5	6×R8i+3×BLCL-25-5

$U_N = 500\text{ V}$ (range 230 to 525 V)													
Regenerative rectifier units (RRU), ACS880-907													
600	735	955	520	496	705	476	550	371	72	9	2200	ACS880-907-0600A-5	1×R8i + BL-15-5
900	1102	1433	779	744	1058	714	824	556	72	13	2200	ACS880-907-0900A-5	1×R8i + BL-15-5
1180	1445	1879	1022	976	1387	936	1081	730	74	16	4100	ACS880-907-1180A-5	2×R8i + BL-25-5
1770	2168	2818	1533	1463	2081	1405	1622	1095	74	26	4100	ACS880-907-1770A-5	2×R8i + BL-25-5
2310	2829	3678	2001	1910	2716	1833	2116	1428	76	32	8200	ACS880-907-2310A-5	4×R8i + 2×BL-25-5
3460	4238	5509	2996	2860	4068	2746	3170	2140	76	51	8200	ACS880-907-3460A-5	4×R8i + 2×BL-25-5
5130	6283	8168	4443	4241	6032	4071	4700	3172	78	77	12300	ACS880-907-5130A-5	6×R8i + 3×BL-25-5

Diode supply units (DSU), ACS880-307													
6-pulse diode													
80	98	137	69	66	94	63	78	53	62	1	720	ACS880-307-0080A-5+A003	D6D ⁹⁾
173	212	297	150	143	203	137	170	114	62	2	720	ACS880-307-0170A-5+A003	D6D ⁹⁾
327	400	561	283	270	384	260	320	216	62	3	1070	ACS880-307-0330A-5+A003	D7D ⁹⁾
490	600	840	424	405	576	389	480	324	62	4	1070	ACS880-307-0490A-5+A003	D7D ⁹⁾
653	800	1120	566	540	768	518	640	432	65	6	1430	ACS880-307-0650A-5+A003	D8D ⁹⁾
980	1200	1680	849	810	1152	778	960	648	65	8	1430	ACS880-307-0980A-5+A003	D8D ⁹⁾
653	800	1120	566	540	768	518	598	404	72	5	1300	ACS880-307-0650A-5+A018	D8T ⁹⁾
980	1200	1680	849	810	1152	778	898	606	72	7	1300	ACS880-307-0980A-5+A018	D8T ⁹⁾
1215	1488	2083	1052	1004	1428	964	1113	751	74	9	2600	ACS880-307-1210A-5+A018	2×D8T ⁹⁾
1822	2232	3125	1578	1507	2143	1446	1670	1127	74	13	2600	ACS880-307-1820A-5+A018	2×D8T ⁹⁾
2734	3348	4687	2367	2260	3214	2170	2504	1690	76	20	3900	ACS880-307-2730A-5+A018	3×D8T ⁹⁾
3645	4464	6250	3157	3013	4285	2893	3339	2254	76	27	5200	ACS880-307-3640A-5+A018	4×D8T ⁹⁾
4556	5580	7812	3946	3767	5357	3616	4174	2817	77	33	6500	ACS880-307-4560A-5+A018	5×D8T ⁹⁾
5467	6696	9374	4735	4520	6428	4339	5009	3381	78	40	7800	ACS880-307-5470A-5+A018	6×D8T ⁹⁾
12-pulse diode													
911	1116	1562	789	753	1071	723	835	563	74	8	1800	ACS880-307-0910A-5+A004+A018	2×D7T ¹⁰⁾
1215	1488	2083	1052	1004	1428	964	1113	751	74	9	2600	ACS880-307-1210A-5+A004+A018	2×D8T ¹⁰⁾
1822	2232	3125	1578	1507	2143	1446	1670	1127	74	13	2600	ACS880-307-1820A-5+A004+A018	2×D8T ¹⁰⁾
2430	2976	4166	2104	2009	2857	1928	2226	1503	76	18	5200	ACS880-307-2430A-5+A004+A018	3×D8T ¹⁰⁾
3645	4464	6250	3157	3013	4285	2893	3339	2254	76	27	5200	ACS880-307-3640A-5+A004+A018	4×D8T ¹⁰⁾
5467	6696	9374	4735	4520	6428	4339	5009	3381	78	40	7800	ACS880-307-5470A-5+A004+A018	6×D8T ¹⁰⁾

Dimensions (Including ACU, ICU and ISU/DSU/RRU)				
Frame size	Height (mm)	Width (mm)	Depth (mm)	Weight (kg)
IGBT supply units (ISU)				
R8i+BLCL-13-5	2145	1000 ⁶⁾	636	860
R8i+BLCL-13-5	2145	1600 ⁷⁾	636	1300
R8i+BLCL-15-5	2145	1000 ⁶⁾	636	860
R8i+BLCL-15-5	2145	1600 ⁷⁾	636	1300
2×R8i+BLCL-24-5	2145	1800	636	1600
2×R8i+BLCL-25-5	2145	2000	636	1720
3×R8i+2×BLCL-24-5	2145	2600	636	2410
4×R8i+2×BLCL-25-5	2145	2800	636	2820
6×R8i+3×BLCL-25-5	2145	4000	636	3960
Regenerative rectifier units (RRU)				
R8i+BL-15-7	2145	1600	636	1275
2×R8i+BL-25-7	2145	2000	636	1615
4×R8i+2×BL-25-7	2145	2800	636	2610
4×R8i+2×BL-25-7	2145	3200	636	2610
6×R8i+3×BL-25-7	2145	4000	636	3645

Frame size	Height (mm)	Width (mm)	Depth (mm)	Weight (kg)
Diode supply units (DSU)				
6-pulse diode				
D6D	2145	400	636	300
D7D	2145	400	636	350
D8D	2145	700	636	550
D8T	2145	1400	636	850
2×D8T	2145	1600	636	1130
3×D8T	2145	2000	636	1560
4×D8T	2145	2800 ¹⁾	636	2140 ²⁾
5×D8T	2145	3000	636	2420
6×D8T	2145	3200	636	2700
12-pulse diode				
2×D7T	2145	1800	636	900
2×D8T	2145	1800	636	1180 ³⁾
4×D8T ⁴⁾	2145	2400	636	1840
4×D8T ⁵⁾	2145	3000	636	2040
6×D8T	2145	3400	636	2900

¹⁾ 690 V, 2400 mm

²⁾ 690 V, 1940 kg

³⁾ 690 V, 1130 kg

⁴⁾ 2430A-3

⁵⁾ 3640A-3

⁶⁾ Valid for ACS880 multidrives limited scope

⁷⁾ Valid for ACS880 multidrives

⁸⁾ +A003 6-pulse, uncontrolled diode bridge

⁹⁾ +A018 6-pulse, half controlled diode bridge

¹⁰⁾ +A004 12-pulse, DSU

Ratings, types and voltages

Inverter units, $U_N = 690 \text{ V}$

Inverter unit (INU), ACS880-107

$U_N = 690 \text{ V}$ (range 525 to 690 V). The power ratings are valid at nominal voltage 690 V (4 to 5600 kW).

Nominal ratings			Light-overload use		Heavy-duty use		Noise level	Heat dissipation	Air flow	Type designation	Frame size
I_N A (AC)	I_{\max} A (AC)	P_N kW	I_{Ld} A	P_{Ld} kW	I_{Hd} A	P_{Hd} kW	dB(A)	kW	m³/h		
7.3	9.5	5.5	6.9	5.5	5.6	4	62	0.22	280	ACS880-107-007A3-7	R5i
9.8	12.7	7.5	9.3	7.5	7.3	5.5	62	0.28	280	ACS880-107-009A8-7	R5i
14.2	18.5	11	13.5	11	9.8	7.5	62	0.40	280	ACS880-107-014A2-7	R5i
18	23.4	15	17.1	15	14.2	11	62	0.49	280	ACS880-107-0018A-7	R5i
33	29	18.5	20.9	18.5	18	15	62	0.58	280	ACS880-107-0022A-7	R5i
27	35	22	25.7	22	22	18.5	62	0.66	280	ACS880-107-0027A-7	R5i
35	46	30	33.3	30	27	22	62	0.86	280	ACS880-107-0035A-7	R5i
42	55	37	39.9	37	35	30	62	1.00	280	ACS880-107-0042A-7	R5i
52	68	45	49.4	45	42	37	62	1.12	280	ACS880-107-0052A-7	R5i
62	81	55	60	55	46	45	71	0.8	650	ACS880-107-0062A-7	R6i
82	107	75	79	75	61	55	71	1.1	650	ACS880-107-0082A-7	R6i
99	129	90	95	90	74	75	71	1.3	650	ACS880-107-0100A-7	R6i
125	163	110	120	110	94	75	71	1.5	650	ACS880-107-0130A-7	R6i
144	187	132	138	132	108	90	71	1.8	650	ACS880-107-0140A-7	R6i
192	250	160	184	160	144	132	71	2.5	650	ACS880-107-0190A-7	R6i
217	282	200	208	200	162	160	72	2.8	940	ACS880-107-0220A-7	R7i
270	351	250	259	250	202	200	72	3.3	940	ACS880-107-0270A-7	R7i
340	510	315	326	250	254	200	72	5.2	1300	ACS880-107-0340A-7	R8i
410	620	400	394	355	307	250	72	6.1	1300	ACS880-107-0410A-7	R8i
530	800	500	509	450	396	355	72	7.9	1300	ACS880-107-0530A-7	R8i
600	900	560	576	560	449	400	72	9	1300	ACS880-107-0600A-7	R8i
800	1200	800	768	710	598	560	74	12	2600	ACS880-107-0800A-7	2×R8i
1030	1550	1000	989	900	770	710	74	15	2600	ACS880-107-1030A-7	2×R8i
1170	1760	1100	1123	1000	875	800	74	18	2600	ACS880-107-1170A-7	2×R8i
1540	2310	1400	1478	1400	1152	1100	76	23	3900	ACS880-107-1540A-7	3×R8i
1740	2610	1600	1670	1600	1302	1200	76	26	3900	ACS880-107-1740A-7	3×R8i
2300	3450	2000	2208	2000	1720	1600	76	35	5200	ACS880-107-2300A-7	4×R8i
2860	4290	2800	2746	2400	2139	2000	77	43	6500	ACS880-107-2860A-7	5×R8i
3420	5130	3200	3283	3200	2558	2400	78	52	7800	ACS880-107-3420A-7	6×R8i
3990	5990	3600	3830	3600	2985	2800	78	60	9100	ACS880-107-3990A-7	7×R8i
4560	6840	4400	4378	4000	3411	3200	79	69	10400	ACS880-107-4560A-7	8×R8i
5130	7700	4800	4925	4800	3837	3600	79	78	11700	ACS880-107-5130A-7	9×R8i
5700	8550	5600	5472	5200	4264	4000	79	86	13000	ACS880-107-5700A-7	10×R8i

Dimensions

Frame size	Height (mm)	Width (mm)	Depth (mm)	Weight (kg)
R5i	2145 ¹⁾	300 to 500 ⁵⁾	636	220
R6i	2145 ¹⁾	400	636 ³⁾	250
R7i	2145 ¹⁾	400	636 ³⁾	250
R8i	2145 ¹⁾	400 ²⁾	636 ⁴⁾	320
2×R8i	2145 ¹⁾	600 ²⁾	636 ⁴⁾	510
3×R8i	2145 ¹⁾	800 ²⁾	636 ⁴⁾	660
4×R8i	2145 ¹⁾	1200 ²⁾	636 ⁴⁾	1020
5×R8i	2145 ¹⁾	1400 ²⁾	636 ⁴⁾	1070
6×R8i	2145 ¹⁾	1600 ²⁾	636 ⁴⁾	1320
7×R8i	2145 ¹⁾	2000 ²⁾	636 ⁴⁾	1680
8×R8i	2145 ¹⁾	2200 ²⁾	636 ⁴⁾	1830
9×R8i	2145 ¹⁾	2400 ²⁾	636 ⁴⁾	1980
10×R8i	2145 ¹⁾	2800 ²⁾	636 ⁴⁾	2340

¹⁾ Cabinet height 2315 mm for IP54 and 2051 mm for IPxxR. An additional 10 mm required for marine supports.

²⁾ 300 mm is required for drive control unit (DCU). One DCU can be used for two drive units.

³⁾ Top exit with backpack for R1i to R7i, additional depth is 120 mm.

⁴⁾ Top exit with backpack for n×R8i, additional depth is 190 mm.

⁵⁾ Width depends on the amount of inverter units. With option own compartment (+C204) 500 mm for max. 2 R5i inverters.

Nominal ratings

I_N	Rated current available continuously without overloadability at 40 °C.
S_N	Nominal apparent power.
P_N	Typical motor power in no-overload use.
I_{\max}	Maximum output current. Available for 10 seconds at start, then as long as allowed by drive temperature.

Light-overload use

I_{Ld}	Continuous current allowing 110% I_{Ld} for 1 min/5 min at 40 °C.
P_{Ld}	Typical motor power in light-overload use.

Heavy-duty use

I_{Hd}	Continuous current allowing 150% I_{Hd} for 1 min/5 min at 40 °C.
P_{Hd}	Typical motor power in heavy-duty use.

The ratings apply at 40 °C ambient temperature. At higher temperatures (up to 50 °C) the derating is 1%/1 °C. The current ratings are the same regardless of the supply voltage within one voltage range. Dimensioning has to be checked by DriveSize.

Ratings, types and voltages

Supply units, $U_N = 690\text{ V}$

U _N = 690 V (range 525 to 690 V)													
Nominal ratings				No-over-load use	Light-overload use		Heavy-duty use		Noise level	Heat dissipation	Air flow	Type designation	Frame size
I _N A (AC)	I _N A (DC)	I _{max} A (DC)	S _N kVA	P _N kW (DC)	I _{Ld} A (DC)	P _{Ld} kW (DC)	I _{Hd} A (DC)	P _{Hd} kW (DC)	dB(A)	kW	m³/h		
IGBT supply units (ISU), ACS880-207													
306	371	557	366	362	356	348	278	271	72	11.7	2200	ACS880-207-0310A-7	R8i+BLCL-13-7
369	447	671	441	437	430	419	335	327	72	13.4	2200	ACS880-207-0370A-7	R8i+BLCL-13-7
540	655	982	645	639	629	613	490	478	72	17.6	2200	ACS880-207-0540A-7	R8i+BLCL-15-7
720	873	1309	860	852	838	818	653	637	74	23.0	4100	ACS880-207-0720A-7	2×R8i+BLCL-24-7
1053	1277	1915	1258	1246	1226	1196	955	932	74	31.5	4100	ACS880-207-1050A-7	2×R8i+BLCL-25-7
1566	1899	2848	1872	1853	1823	1779	1420	1386	76	49.4	6900	ACS880-207-1570A-7	3×R8i+2×BLCL-24-7
2070	2510	3765	2474	2449	2409	2351	1877	1832	76	62.7	8200	ACS880-207-2070A-7	4×R8i+2×BLCL-25-7
3078	3732	5598	3679	3642	3583	3496	2792	2724	78	94.0	12300	ACS880-207-3080A-7	6×R8i+3×BLCL-25-7
4104	4976	7464	4905	4856	4777	4661	3722	3632	79	125.3	16400	ACS880-207-4100A-7	8×R8i+4×BLCL-25-7
5130	6220	9330	6131	6070	5971	5827	4653	4540	79	155.5	20500	ACS880-207-5130A-7	10×R8i+5×BLCL-25-7

Regenerative rectifier units (RRU), ACS880-907

600	735	1102	717	685	705	657	550	512	72	10	2200	ACS880-907-0600A-7	1×R8i + BL-15-7
900	1102	1653	1076	1027	1058	986	824	768	72	14	2200	ACS880-907-0900A-7	1×R8i + BL-15-7
1180	1445	2168	1410	1346	1387	1292	1081	1007	74	19	4100	ACS880-907-1180A-7	2×R8i + BL-25-7
1770	2168	3252	2115	2019	2081	1939	1622	1510	74	28	4100	ACS880-907-1770A-7	2×R8i + BL-25-7
2310	2829	4244	2761	2635	2716	2530	2116	1971	76	37	8200	ACS880-907-2310A-7	4×R8i + 2×BL-25-7
3460	4238	6356	4135	3947	4068	3789	3170	2953	76	56	8200	ACS880-907-3460A-7	4×R8i + 2×BL-25-7
5130	6283	9424	6131	5853	6032	5618	4700	4378	78	84	12300	ACS880-907-5130A-7	6×R8i + 3×BL-25-7

Diode supply units (DSU), ACS880-307

6-pulse diode													
572	700	980	683	652	672	626	524	488	72	5	1300	ACS880-307-0570A-7+A018	D8T ⁷⁾
816	1000	1400	976	932	960	894	748	697	72	6	1300	ACS880-307-0820A-7+A018	D8T ⁷⁾
1063	1302	1823	1271	1213	1250	1164	974	907	74	9	2600	ACS880-307-1060A-7+A018	2×D8T ⁷⁾
1519	1860	2604	1815	1733	1786	1663	1391	1296	74	13	2600	ACS880-307-1520A-7+A018	2×D8T ⁷⁾
2278	2790	3906	2723	2599	2678	2495	2087	1944	76	19	3900	ACS880-307-2280A-7+A018	3×D8T ⁷⁾
3037	3720	5208	3630	3465	3571	3327	2783	2592	76	26	5200	ACS880-307-3040A-7+A018	4×D8T ⁷⁾
3797	4650	6510	4538	4331	4464	4158	3478	3240	77	32	6500	ACS880-307-3800A-7+A018	5×D8T ⁷⁾
4556	5580	7812	5445	5198	5357	4990	4174	3888	78	38	7800	ACS880-307-4560A-7+A018	6×D8T ⁷⁾
12-pulse diode													
759	930	1302	908	866	893	832	696	648	74	8	1800	ACS880-307-0760A-7+A004+A018	2×D7T ⁸⁾
1063	1302	1823	1271	1213	1250	1164	974	907	74	9	2600	ACS880-307-1060A-7+A004+A018	2×D8T ⁹⁾
1519	1860	2604	1815	1733	1786	1663	1391	1296	74	13	2600	ACS880-307-1520A-7+A004+A018	2×D8T ⁹⁾
2126	2604	3646	2541	2426	2500	2329	1948	1814	76	18	5200	ACS880-307-2130A-7+A004+A018	4×D8T ⁹⁾
3037	3720	5208	3630	3465	3571	3327	2783	2592	76	26	5200	ACS880-307-3040A-7+A004+A018	4×D8T ⁹⁾
4556	5580	7812	5445	5198	5357	4990	4174	3888	78	38	7800	ACS880-307-4560A-7+A004+A018	6×D8T ⁹⁾

Dimensions (Including ACU, ICU and ISU/DSU/RRU)

Frame size	Height (mm)	Width (mm)	Depth (mm)	Weight (kg)
IGBT supply units (ISU)				
R8i+BLCL-13-7	2145	1600 ⁶⁾	636	1300
R8i+BLCL-15-7	2145	1600 ⁶⁾	636	1300
2×R8i+BLCL-24-7	2145	1800	636	1600
2×R8i+BLCL-25-7	2145	1800	636	1600
3×R8i+2×BLCL-25-7	2145	2600	636	2210
4×R8i+2×BLCL-25-7	2145	2800	636	2820
6×R8i+3×BLCL-25-7	2145	3600	636	3720
8×R8i+4×BLCL-25-7	2145	5100	636	4860
10×R8i+5×BLCL-25-7	2145	5900	636	5760
Regenerative rectifier units (RRU)				
R8i+BL-15-7	2145	1600	636	1275
2×R8i+BL-25-7	2145	2000	636	1615
4×R8i+2×BL-25-7	2145	2800	636	2610
4×R8i+2×BL-25-7	2145	3200	636	2610
6×R8i+3×BL-25-7	2145	4000	636	3645

Frame size	Height (mm)	Width (mm)	Depth (mm)	Weight (kg)
Diode supply units (DSU)				
6-pulse diode				
D8T	2145	1400	636	850
2×D8T	2145	1600	636	1130
3×D8T	2145	2000	636	1560
4×D8T	2145	2800 ¹⁾	636	2140 ²⁾
5×D8T	2145	3000	636	2420
6×D8T	2145	3200	636	2700
12-pulse diode				
2×D7T	2145	1800	636	900
2×D8T	2145	1800	636	1180 ³⁾
4×D8T	2145	2400 ⁴⁾	636	1840 ⁴⁾
4×D8T	2145	3000 ⁵⁾	636	2040 ⁵⁾
6×D8T	2145	3400	636	2900

¹⁾ 690 V, 2400 mm

²⁾ 690 V, 1940 kg

³⁾ 690 V, 1130 kg

⁴⁾ 2430A-3

⁵⁾ 3640A-3

⁶⁾ Valid for ACS880 multidrives

⁷⁾ +A018 6-pulse, half controlled diode bridge

⁸⁾ +A004 12-pulse, DSU

Summary of features and options

Power and voltage range 1.5 to 5600 kW, 400 to 690 V	Ordering code	ACS880-107 inverters	ACS880-207 ISU (IGBT supply unit)	ACS880-307 DSU (diode supply unit) (6-pulse)	ACS880-307 DSU (diode sup- ply unit) (6- and 12-pulse)	ACS880-907 RRU (regenerative rectifier unit)	ACS880-607 Brake units	ACS880-1607 DC-DC converter
		Frame sizes R1i to n×R8i	Frame sizes n×R8i	Frame sizes D6D to D8D	Frame sizes D7T and n×D8T	Frame sizes n×R8i	Frame sizes n×R8i	Frame sizes n×R8i
Mounting								
Free-standing		●	●	●	●	●	●	●
Cabling								
Supply bottom entry		—	●	●	●	●	—	—
Supply top entry		—	□	□	□	□	—	—
Inverter bottom exit		●	—	—	—	—	●	●
Inverter top exit		□	—	—	—	—	□	□
Degree of protection								
IP22 (UL type 1)		●	●	●	●	●	●	●
IP42 (UL type 1)		□	□	□	□	□	□ ¹⁾	□ ¹⁾
IP54 (UL type 12)		□	□	□	□	□	□ ¹⁾	□ ¹⁾
Motor control								
DTC (direct torque control)		●	—	—	—	—	—	—
Software								
Primary control program, for more details see section: Drive application programming based on IEC 61131-3		●	—	—	—	—	—	—
Drive application programming based on IEC 61131-3 using Automation Builder	+N8010	□	—	—	—	—	—	—
Application control program for crane	+N5050	□	—	—	—	—	—	—
Application control program for dual use, f>598Hz, high speed product	+N8200	□	—	—	—	—	—	—
Application control program for ESP pumps	+N5600	□	—	—	—	—	—	—
Application control program for PCP/ESP pump	+N5200	□ ³⁾	—	—	—	—	—	—
Application control program for PCP/ESP pump with SynRM	+N5400	□ ³⁾	—	—	—	—	—	—
Application control program for chemical industry process control	+N5550							
Application control program for test bench	+N5300	□	—	—	—	—	—	—
Application control program for winch	+N5100	□	—	—	—	—	—	—
Application control program for winder	+N5000	□	—	—	—	—	—	—
Support for asynchronous motor		●	—	—	—	—	—	—
Support for permanent magnet motor		●	—	—	—	—	—	—
Support for synchronous reluctance motor (SynRM)	+N7502	□	—	—	—	—	—	—
Control panel								
Intuitive control panel		□	□	□	□	□	□ ¹³⁾	□ ¹³⁾
Control connections (I/O) and communications								
2 pcs analog inputs, programmable, galvanically isolated		●	●	●	●	●	● ¹³⁾	●
2 pcs analog outputs, programmable		●	●	●	●	●	● ¹³⁾	●
6 pcs digital inputs, programmable, galvanically isolated - can be divided into two groups		●	●	●	●	●	● ¹³⁾	●
2 pcs digital inputs/outputs		●	●	●	●	●	● ¹³⁾	●
1 pcs digital input interlock		●	●	●	●	●	● ¹³⁾	●
3 pcs relay outputs programmable		●	●	●	●	●	● ¹³⁾	●
Safe torque off (STO)		●	—	—	—	—	● ¹³⁾	●
Drive-to-drive link/Built-in Modbus		●	●	●	●	●	● ¹³⁾	●
Assistant control panel/PC tool connection		●	●	●	●	●	● ¹³⁾	●
Possibility for external power supply for control unit		□	□	□	□	□	□	□
Built-in I/O extension and speed feedback modules: for more details see sections: "Input/output extension modules for increased connectivity", "Speed feedback interfaces for precise process control" and "DDCS communication option modules"		□	□	□	□	□	□	□
Built-in adapters for several fieldbuses: for more details see section "Flexible connectivity to automation networks"		□	□	□	□	□	□	□
EMC filters								
EMC 1 st environment, unrestricted distribution (category C2)	+E202	—	□ ³⁾	—	□ ¹⁴⁾	□ ³⁾	—	—
EMC 2 nd environment, unrestricted distribution (category C3)	+E210	□ ⁷⁾	□ ⁷⁾	□ ⁷⁾	□ ⁷⁾	□ ⁷⁾	□ ⁷⁾	□ ⁷⁾
Line filter								
AC or DC choke		—	—	●	●	—	—	—
LCL		—	●	—	—	—	—	—
L		—	—	—	—	●	—	—
Output filters								
Common mode filter	+E208	● ³⁾	● ⁸⁾	—	—	● ³⁾	—	—
du/dt filters	+E205	● ³⁾	●	—	—	●	—	—
Braking (see braking unit table)								
Incoming unit apparatus								
Disconnecter		—	● ¹¹⁾	●	● ⁵⁾	● ¹⁶⁾	—	—
Air circuit breaker	+F255	—	● ¹²⁾	●	● ⁵⁾	● ¹⁷⁾	—	—
Line contactor	+F250	—	● ¹¹⁾	□	—	● ⁶⁾	—	—
Earthing switch	+F259	—	□	□	□	□	—	—
Inverter units								
DC switch	+F286	□ ⁶⁾	—	—	—	—	□ ¹⁵⁾	□
R1i - R5i in an own compartment	+C204	□	—	—	—	—	—	—

Summary of features and options

Power and voltage range 1.5 to 5600 kW, 400 to 690 V	Ordering code	ACS880-107 inverters	ACS880-207 ISU (IGBT supply unit)	ACS880-307 DSU (diode supply unit) (6-pulse)	ACS880-307 DSU (diode sup- ply unit) (6- and 12-pulse)	ACS880-907 RRU (regenerative rectifier unit)	ACS880-607 Brake units	ACS880-1607 DC-DC converter
		Frame sizes R1i to n×R8i	Frame sizes n×R8i	Frame sizes D6D to D8D	Frame sizes D7T and n×D8T	Frame sizes n×R8i	Frame sizes n×R8i	Frame sizes n×R8i

Safety options								
Safe torque off (STO)		●	–	–	–	–	–	–
Safety functions module, FSO-12, without encoder, programmable functions:	+Q973	□	–	–	–	–	–	–
Safe stop 1 (SS1)								
Safely-limited speed (SLS)								
Safe brake control (SBC)								
Safe maximum speed (SMS)								
Safe stop emergency (SSE)								
Prevention of unexpected startup (POUS)								
Safety functions module, FSO-21, with encoder support, programmable functions:	+Q972	□	–	–	–	–	–	–
Safe stop 1 (SS1)								
Safely-limited speed (SLS)								
Safe brake control (SBC)								
Safe maximum speed (SMS)								
Safe stop emergency (SSE)								
Prevention of unexpected startup (POUS)								
Safe direction (SDI), requires encoder feedback, FSE-31								
Safe speed monitoring (SSM), requires encoder feedback, FSE-31								
Pulse encoder interface module, FSE-31	+L521	□	–	–	–	–	–	–
Prevention of unexpected startup with safety relay(s)	+Q957	□	–	–	–	–	–	–
Prevention of unexpected startup with STO and safety functions module (FSO-12/-21)	+Q950 +Q973/ +Q972	□	–	–	–	–	–	–
Emergency stop, category 0 with opening the main contactor/breaker, with safety relay	+Q951	–	□	□	□	□	–	–
Emergency stop, category 1 with opening the main contactor/breaker, with safety relay	+Q952	–	□	□	□	□	–	–
Emergency stop, category 0 with STO, with safety relay	+Q963	–	□	□	□	□	–	–
Emergency stop, category 1 with STO, with safety relay	+Q964	–	□	□	□	□	–	–
Emergency stop, configurable category 0 or 1 with STO and safety functions module (FSO-12/-21)	+Q979 +Q973/ +Q972	–	□	–	□	□	–	–
PROFIsafe over PROFINET with safety functions module (FSO-21) and FENA-21	+Q982 +Q972 +K475	□	–	–	–	–	–	–
Safely-limited speed (SLS) without encoder with FSO-12/-21 (encoderless)	+Q966 +Q973 +Q972	□	–	–	–	–	–	–
Safely-limited speed (SLS) with FSO-21 and encoder FSE-31	+Q965 +Q972 +L521	□	–	–	–	–	–	–
Earth fault monitoring, earthed mains		●	●	–	–	●	–	–
Earth fault monitoring, unearthed mains	+Q954	–	□	□	□	□	–	–
ATEX thermal motor protection for PTC/PT100	+Q971 +L513/ +L514 +L536	□	–	–	–	–	–	–
FPTC-01 thermistor protection module		□	–	–	–	–	–	–
FPTC-02 thermistor protection module (ATEX certified Safe Disconnection Function, EX II (2) GD)	+L537 +Q971	□	–	–	–	–	–	–
Approvals								
CE		●	●	●	●	●	●	●
UL, cUL		□	□	□	□	□	□	□
CSA		□	□	□	□	□	□	□
EAC (EAC has replaced GOST R) ²⁾		●	●	●	●	●	●	●
RoHS		●	●	●	●	●	●	●
RCM		●	●	●	●	●	●	●
Marine type approval	+C132	□ ¹⁸⁾	□	–	□	–	□	□
TUV Nord certificate for STO		●	–	–	–	–	–	–
TUV Nord certificate for FSO-12		□	–	–	–	–	–	–
TUV Nord certificate for FSO-21 ⁹⁾		□	–	–	–	–	–	–
TUV Nord certificate for FSE-31 ³⁾		□	–	–	–	–	–	–

- Standard
- Selectable option, with ordering code
- Not available

Notes

- 1) Not available for resistor D151
- 2) EAC will replace GOST R
- 3) Pending
- 4) R6i to R7i 690 V pending
- 5) For DSU 6-pulse: disconnector up to 2×D8T, air-circuit breaker ≥ 3×D8T

For DSU 12-pulse: disconnector up to 4×D8T, air-circuit breaker 6×D8T
EMC 1st environment, unrestricted distribution (category C2) (max 1000 A)

- 6) R1i to R4i for cabinet, individual for R6i to n×R8i. Common for cabinet for R1i to R5i, individual for R6i to n×R8i
- 7) Conducted emission and immunity are fulfilled with standard filtering. Radiated emission and immunity are as option (cabinet construction)
- 8) Standard for frame sizes R6i to 10×R8i
- 9) Optional in frame sizes R1i to R8i and 400 V/500 V

¹⁰⁾ Check availability from your local ABB

¹¹⁾ For ISU: 400 to 500 V disconnector and contactor up to 2×R8i, 690 V disconnector and contactor up to 3×R8i

¹²⁾ For ISU: 400 to 500 V air circuit breaker ≥ 3×R8i, 690 V air-circuit breaker ≥ 4×R8i

¹³⁾ Not available for 1-phase brake unit

¹⁴⁾ Available only as 6-pulse D8T

¹⁵⁾ DC switch for 3-phase dynamic brake unit only

¹⁶⁾ For RRU: disconnector up to 2×R8i

¹⁷⁾ For RRU: air circuit breaker >4×R8i

¹⁸⁾ Marine type approval only available for frames R5i-n×R8i

Pinzas

Sensores de corriente para Analizadores de redes portátiles










Descripción

CIRCUTOR tiene una amplia gama de sensores de corriente para sus analizadores de redes portátiles. Esta amplia gama permite medir niveles de corriente desde los pocos mA hasta varios miles de Amperios. Además, los modelos disponibles tanto en formato flexible como rígido, permiten elegir la solución más adecuada para cada instalación.

Aplicaciones

— Medida de valores energéticos mediante analizadores de redes portátiles.

Características técnicas

PINZAS		CFG-5	CFG-10	CPG-5	CPG-100	CPRG-500	CPRG-1000	CPG-200/2000
								
Rango de medida		1...5 Ac.a.	0,2 mA... 10 Ac.a.	0,05...5 Ac.a.	1...100 Ac.a.	1...500 Ac.a.	1...1000 Ac.a.	1...200 Ac.a. 10...2000 Ac.a.
Frecuencia		48...65 Hz	48...65 Hz	48...65 Hz	48...65 Hz	48...65 Hz	48...65 Hz	48...65 Hz
Tensión de salida		2 Vc.a.	2 Vc.a.	2 Vc.a.	2 Vc.a.	2 Vc.a.	2 Vc.a.	2 Vc.a.
Rigidez dieléctrica		5200 V, 50 Hz, 1 min	5200 V, 50 Hz, 1 min	5200 V, 50 Hz, 1 min	5200 V, 50 Hz, 1 min	5200 V, 50 Hz, 1 min	5200 V, 50 Hz, 1 min	5200 V, 50 Hz, 1 min
Error en fondo de escala		1 % (hasta 0,1 A) 0,5 % (Hasta 5 A)	-0,35 %	1 %	0,5 %	0,7 %	0,7 %	Escala 200: 0,5 % (+70 mA) Escala 2000: 0,5% (+100 mA)
Máximo diámetro conductor		20 mm	100 mm	20 mm	20 mm	52 mm	52 mm	64 mm
Pletina máxima		1 x (50 x 5) mm 4 x (30 x 5) mm	5 de 80 x 5 mm ou 3 de 80 x 10 mm	20 x 5 mm	20 x 5 mm	1 x (50 x 5) mm 4 x (30 x 5) mm	1 x (50 x 5) mm 4 x (30 x 5) mm	5 x (125 x 5) mm 3 x (100 x 10) mm
1 Pinza	Tipo	CFG-5	CFG-10	CPG-5	CPG-100	CPRG-500	CPRG-1000	CPG-200/2000
	Código	M810BD	M810BE	M810B1	M810B2	M810B3	M810B4	M810B5
Kit 3 Pinzas	Tipo	-	-	Kit 3 CPG-5	Kit 3 CPG-100	Kit 3 CPRG-500	Kit 3 CPRG-1000	Kit 3 CPG-200/2000
	Código	-	-	M810C1	M810C2	M810C3	M810C4	M810C5
Kit 4 Pinzas	Tipo	-	-	Kit 4 CPG-5	Kit 4 CPG-100	Kit 4 CPRG-500	Kit 4 CPRG-1000	Kit 4 CPG-200/2000
	Código	-	-	M810D1	M810D2	M810D3	M810D4	M810D5

Rango de medida

PINZAS	CFG-5	CFG-10	CPG-5	CPG-100	CPRG-500	CPRG-1000	CPG-200/2000	
							200 A	2000 A
Corriente	0,01...100 mA	5...100 mA	50...500 mA	1...10 A	1...5 A	1...5 A	1...3 A	10...150 A
Tolerancia	1% + 0,4 mV	1,5% + 0,4 mV	2%	1%	3%	3%	0,5% + 70 mV	0,5% + 250 mA
Fase	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Corriente	0,1...5 A	0,1...1 A	0,5...1 A	10...100 A	5...50 A	5...20 A	3...10 A	150...2000 A
Tolerancia	0,5%	1,5%	1 %	0,5%	0,7%	0,7%	0,5% + 70 mV	0,5% + 100 mA
Fase	10°	< 4°	3°	1,5°	NC	NC	NC	0,5°
Corriente		1...10 A	1...5 A		50...500 A	20...1000 A	10...50 A	
Tolerancia		1%	1%		0,7%	0,7%	0,5% + 70 mV	
Fase		< 3°	1,7°		1°	1°	1,5°	
Corriente							50...2000 A	
Tolerancia							0,5% + 70 mA	
Fase							1°	

Pinzas

Sensores de corriente para Analizadores de redes portátiles



Características técnicas

PINZAS	AMS14-FLEX	AMS54-FLEX	PS-FLEX/C-FLEX	E-FLEX 54
Para usar con:	AR6		AR5-L	CIR-e ³
Escala	100 / 200 A	100/1000/10000 A	200/2000/20000 A	200/2000/20000 A
Rango frecuencia	20 Hz...10kHz	20 Hz...10kHz	10 Hz...100kHz	20 Hz...10kHz
Tensión de trabajo	600 Vc.a.	600 Vc.a.	600 Vc.a.	600 Vc.a.
Tensión de salida	1,28 Vc.a.	1,28 Vc.a.	2 Vc.a.	2 Vc.a.
Rigidez dieléctrica	IEC 61010-2-32 5,4 kV, 50 Hz	IEC 61010-2-32 5,4 kV, 50 Hz	IEC 61010-2-32 5,4 kV, 50 Hz	IEC 61010-2-32 5,4 kV, 50 Hz
Longitud Sensor	14 cm	54 cm	45 / 80 / 120 cm	54 cm
Categoría de sobrevoltaje	CAT III - 600 V CAT IV - 300 V	CAT III - 600 V CAT IV - 300 V	CAT III - 600 V	CAT III - 600 V CAT IV - 300 V
Clase de protección	CAT II IEC 61010-1	CAT II IEC 61010-1	CAT II IEC 61010-1	CAT II IEC 61010-1
Grado IP	IP 54 / IP 65 (opc.)	IP 54	IP 54	IP 54
Tª de funcionamiento	-10...+60 °C	-10...+60 °C	-20...+60 °C	-10...+60°C

Rango de medida

PINZAS	AMS14-FLEX	AMS54-FLEX	C-FLEX	E-FLEX 54
Multi-Escalas	100/200 A	100/1000/10000 A	200/2000/20000 A	200/2000/20000 A
	1...100 A	1...100 A	100...20000 A (escala de 20000 A)	2000...20000 A 1000...10000 A 100...20000 A (escala de 20000 A)
Rango Medida	100...200 A	100...1000 A	10...2000 A (escala de 2000 A)	200...2000 A 100...1000 A 10...2000 A (escala de 2000 A)
		1000...1000 A	1...200 A (escala de 200 A)	2...200 A 1...100 A 1...200 A (escala de 200 A)
Tolerancia	± 1%	± 1%	± 1%	± 1%
Angulo	< 1°	< 1°	< 1°	< 1°

Referencias

Tipo	Código	Descripción	Longitud sensor	Escalas
Kit 4 AMS14-FLEX	M82539	Kit de 4 pinzas AMS14-FLEX	14 cm	100/200 A
Kit 4 AMS54-FLEX	M82533	Kit de 4 pinzas AMS54-FLEX	54 cm	100/1000/10000 A
Kit 3 AMS54-FLEX	M82532	Kit de 3 pinzas AMS54-FLEX	54 cm	100/1000/10000 A
AMS54-FLEX	M82531	Pinza individual AMS54-FLEX	54 cm	100/1000/10000 A

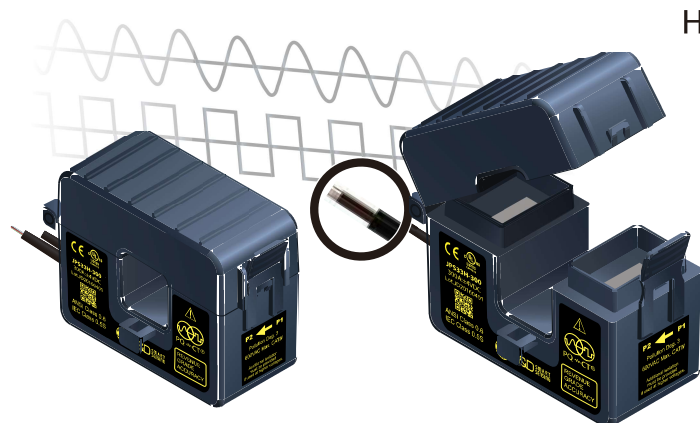
Tipo	Código	Descripción	Longitud sensor	Escalas
Kit 3 C-FLEX A-45	M81141	Kit de 3 pinzas C-FLEX A-45	45 cm	200 A / 2000 A / 20 kA
Kit 3 C-FLEX A-80	M81142	Kit de 3 pinzas C-FLEX A-80	80 cm	200 A / 2000 A / 20 kA
Kit 3 C-FLEX A-120	M81143	Kit de 3 pinzas C-FLEX A-120	120 cm	200 A / 2000 A / 20 kA

Dimensiones

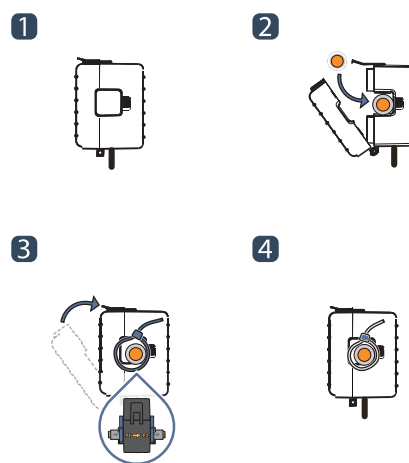
	CPG-5	CPG-10	CPG-5	CPG-100	CPRG-500	CPRG-1000	CPRG-200/2000
Longitud Pinza	210x97x45 mm	275x165x45 mm	135x51x30 mm	135x51x30 mm	210x97x45 mm	210x97x45 mm	340x132x53 mm
Peso	0,65 kg	1,15 kg	0,55 kg	0,55 kg	0,65 kg	0,65 kg	1,53 kg

	AMS14-FLEX	AMS54-FLEX	C-FLEX	E-FLEX
Longitud Pinza	14 cm	54 cm	45 / 80 / 120 cm	54 cm
Peso	0,11 kg	0,25 kg	0,13 kg	0,25 kg

OPEN -LOOP TECHNOLOGY PQ-CT JPS20H SERIES



How to use >>>>



JPS10 / 20 / 33 / 52H Hall Sensor series, applying with accurate laminating core split technology and Open Loop technology PQ-CT OPEN JPSXXH Series designed for strong durability and improves both existed error in low current and error occurred by 'external vibration and shock' to minimize tolerance on cutting cross section of core. As compact one-touch split structure, it offers best solution for security and fast installation on high frequency monitoring device instead of cutting power line. Rated current is DC5A-1200A, it satisfies with accuracy 1.0 and it certifies with security accreditation IEC61010-1, UL61010-1 and EN61010-1 as official document.

>>> Applications

- Power Metering.
- Sub-metering for Building; Energy efficiency monitoring, consumption analysis, and cost allocation.
- Power Quality Monitoring for Distribution System Equipment.
- Condition Monitoring for Conveyers, Pumps, etc.
- Hybrid Inverter for Home Energy Storage.
- Distributed Measurement Systems.

>>> Features

- PC spring, secure locking hinge, one-touch structure make easy to install to the existent equipments such as a power distribution boards.
- Isolated plastic case recognized according to UL94-V0

Benefits

- Small-size, light-weight
- Simple Installation
- Over-Voltage protection circuit is installed.

>>>> Specification

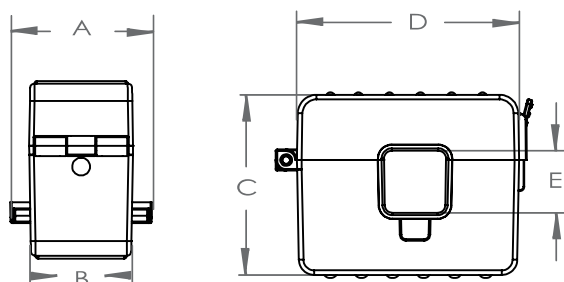
[illegible]

OPEN-LOOP TECHNOLOGY PQ-CT

JPS20H SERIES



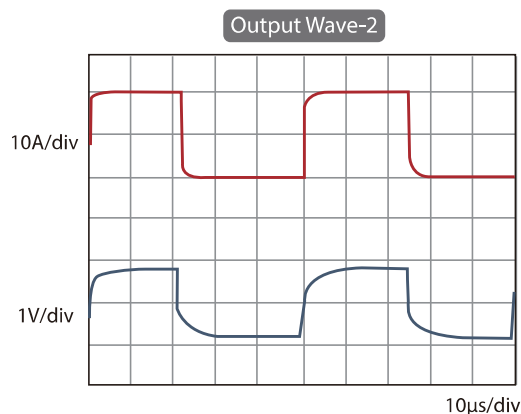
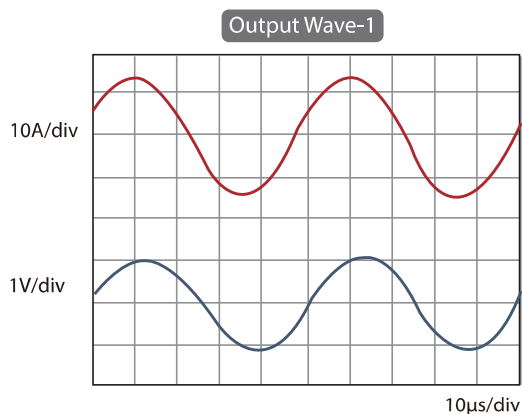
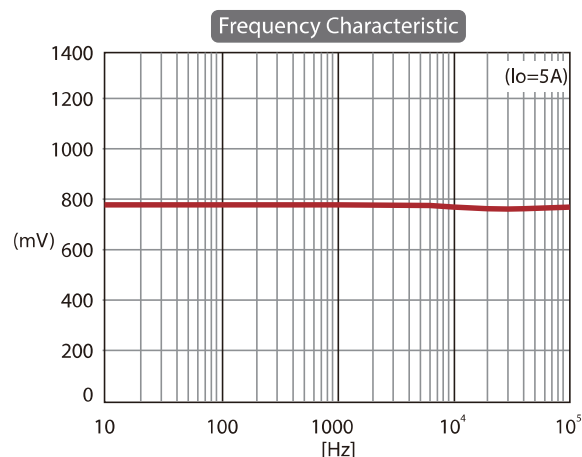
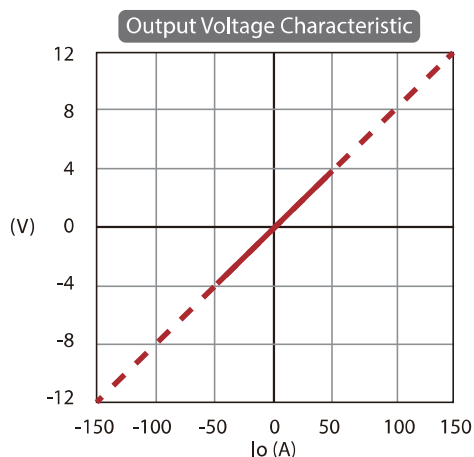
>>>> Dimension



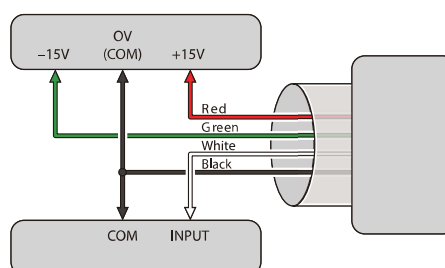
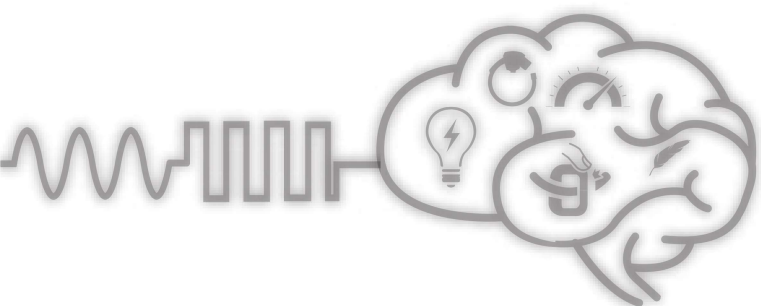
Unit : mm

Model	A	B	C	D	E
JPS10H-XXX	48	35	48	61	10
JPS20H-XXX	47.7	35	58	71.5	20
JPS33H-XXX	49	36	77.5	96	33
JPS52H-XXX	64	41	103.5	125	52

>>>> Graph



>>>> Connection Diagram



DR-2212, DR-2212-R

Drehmomentsensor, Analogausgang - Torque Sensor, Analog Output

- Aktiver Ausgang $\pm 5\text{ V}$ - Active output $\pm 5\text{ V}$
- Messrate 10 kSample - Sample rate 10 kSample

DR-2512, DR-2512-R

Drehmomentsensor, RS485-Schnittstelle - Torque Sensor, RS485-Interface

- RS485-Schnittstelle - RS485-Interface
- Auto-Identifikation von: Messbereich, Serien- Nr., Kalibrierdatum -
Auto identification of: measuring range, serial number, date of calibration
- Messrate 5 kSample - Sample rate 5 kSample



Diese Sensoren haben eine berührungslose und digitale Signalübertragung von Rotor zu Stator, also ohne Signalverfälschung und wartungsfrei.

These sensors have a contactless and digital signal transmission from rotor to stator, which means no signal falsification and maintenance-free.

Artikel-Nr. Article-no. DR-2212	Artikel-Nr. Article-no. DR-2512	Messbereich Measuring range [N·m]	Max. Drehzahl Max. speed [min ⁻¹]	Federkonstante Springrate [N·m/rad]	Massen- trägheits- moment Mass moment of inertia [kg·m ²]		Max. Axiallast Max. thrust load [N]
					Antriebsseite Drive side	Messseite Test side	
103819	104183	0,1	15000	$1,8 \cdot 10^1$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	15
103820	104184	0,2	15000	$1,8 \cdot 10^1$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	20
102921	104185	0,5	15000	$1,2 \cdot 10^2$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	30
102866	104186	1	15000	$1,2 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	40
102437	104187	2	12000	$4,4 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$8,1 \cdot 10^{-6}$	50
102922	104188	5	12000	$4,4 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$8,1 \cdot 10^{-6}$	50
102794	104189	10	12000	$1,7 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$8,2 \cdot 10^{-6}$	50
102776	104190	15	12000	$1,7 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$8,2 \cdot 10^{-6}$	100
102909	104191	20	12000	$4,5 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$9,9 \cdot 10^{-6}$	300
104212	104213	30	12000	$4,5 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$9,9 \cdot 10^{-6}$	1000
102457	104192	50	12000	$6,1 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	1600
102836	104193	100	12000	$9,7 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	2600
103337	104194	200	7000	$9,2 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$8,0 \cdot 10^{-4}$	3200
103602	104195	500	7000	$9,2 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$8,0 \cdot 10^{-4}$	7500
103822	104196	1000	7000	$3,1 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	10000
103821	104197	2000	5500	$7,2 \cdot 10^5$	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	18000
103709	104198	5000	5500	$8,0 \cdot 10^5$	$5,4 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	32000
105485	107499	10000	3500	$3,1 \cdot 10^6$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	$3,7 \cdot 10^{-2}$	125000
105486	109686	20000	3500	$3,7 \cdot 10^6$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	$3,8 \cdot 10^{-2}$	200000

Bei der Bestellung bitte den gewünschten Messbereich angeben! Please specify the required meas. range at order!



Artikel-Nr. Article-no. DR-2212-R	Artikel-Nr. Article-no. DR-2512-R	Messbereich Measuring range [N·m]	Max. Drehzahl Max. speed [min ⁻¹]	Federkonstante Springrate [N·m/rad]	Massen- trägheits- moment Mass moment of inertia [kg·m ²]		Max. Axiallast Max. thrust load [N]
					Antriebsseite Drive side	Messseite Test side	
108693	108723	0,1	15000	1,8·10 ¹	1,9·10 ⁻⁶	2,8·10 ⁻⁷	15
108694	108724	0,2	15000	1,8·10 ¹	1,9·10 ⁻⁶	2,8·10 ⁻⁷	20
108695	108725	0,5	15000	1,2·10 ²	1,9·10 ⁻⁶	2,8·10 ⁻⁷	30
108696	108726	1	15000	1,2·10 ²	2,0·10 ⁻⁶	2,8·10 ⁻⁷	40
108697	108727	2	12000	4,4·10 ²	1,0·10 ⁻⁵	8,1·10 ⁻⁶	50
108698	108728	5	12000	4,4·10 ²	1,0·10 ⁻⁵	8,1·10 ⁻⁶	50
108699	108729	10	12000	1,7·10 ³	1,0·10 ⁻⁵	8,2·10 ⁻⁶	50
108700	108730	15	12000	1,7·10 ³	1,0·10 ⁻⁵	8,2·10 ⁻⁶	100
108701	108731	20	12000	4,5·10 ³	1,2·10 ⁻⁵	9,9·10 ⁻⁶	300
108819	108820	30	12000	4,5·10 ³	1,2·10 ⁻⁵	9,9·10 ⁻⁶	1000
108702	108732	50	12000	6,1·10 ³	1,3·10 ⁻⁵	1,1·10 ⁻⁵	1600
108703	108733	100	12000	9,7·10 ³	1,4·10 ⁻⁵	1,2·10 ⁻⁵	2600
108704	108734	200	7000	9,2·10 ⁴	1,3·10 ⁻³	8,0·10 ⁻⁴	3200
108705	108735	500	7000	9,2·10 ⁴	1,3·10 ⁻³	8,0·10 ⁻⁴	7500
108706	108736	1000	7000	3,1·10 ⁵	1,6·10 ⁻³	1,1·10 ⁻³	10000

Bei der Bestellung bitte den gewünschten Messbereich angeben! Please specify the required meas. range at order!

TECHNISCHE DATEN - SPECIFICATIONS

Typ - Type		DR-2212 (DR-2212-R)	DR-2512 (DR-2512-R)
Genauigkeitsklasse - Accuracy class	% v. E. - f. s.	0,1 (0,2)	
Reproduzierbarkeit - Repeatability (DIN 1319)	%	±0,02 (±0,04)	
Versorgung - Excitation voltage	V DC	12 ... 28	
Stromaufnahme - Current consumption	mA	<60	
Ausgangssignal - Output signal	mA	0 ... ±5 V	±25000 digits
Belastbarkeit - Output current max.		5 kurzschlussfest Short circuit resist.	
Eingang Kontrollaufschaltung - Calibration control	V	L <2,0; H >3,5	per Software
Messrate - Sample rate	kSample	10	5
Referenztemperatur - Reference temperature	°C	+23	
Nenntemperaturbereich - Nominal temperature range	°C	+5 ... +45	
Gebrauchstemperaturbereich - Service temperature range	°C	0 ... +60	
Lagerungstemperaturbereich - Storage temperature range	°C	-10 ... +70	
Temp. koeff. des Kennwertes - Temp. coeff. of sensitivity	% v. E./K - f. s./K	±0,01 (±0,015)	
Temp. koeff. des Nullsignals - Temp. coeff. of zero signal	% v. E./K - f. s./K	±0,02 (±0,03)	
Gebrauchsdrehmoment (statisch) - Service torque (static)	% v. E. - f. s.	150	
Grenzdrehmoment (statisch) - Limit torque (static)	% v. E. - f. s.	200	
Bruchdrehmoment (statisch) - Ultimate torque (static)	% v. E. - f. s.	>300	
Schwingbreite - Bandwidth (DIN 50100)	%	70 (Spitze - Spitze) - (peak - peak)	
Schutzart - Level of protection (DIN EN 60529)		IP50	
Elektrischer Anschluss - Electrical connection		12-polig Serie 581 - 12-pin series 581	

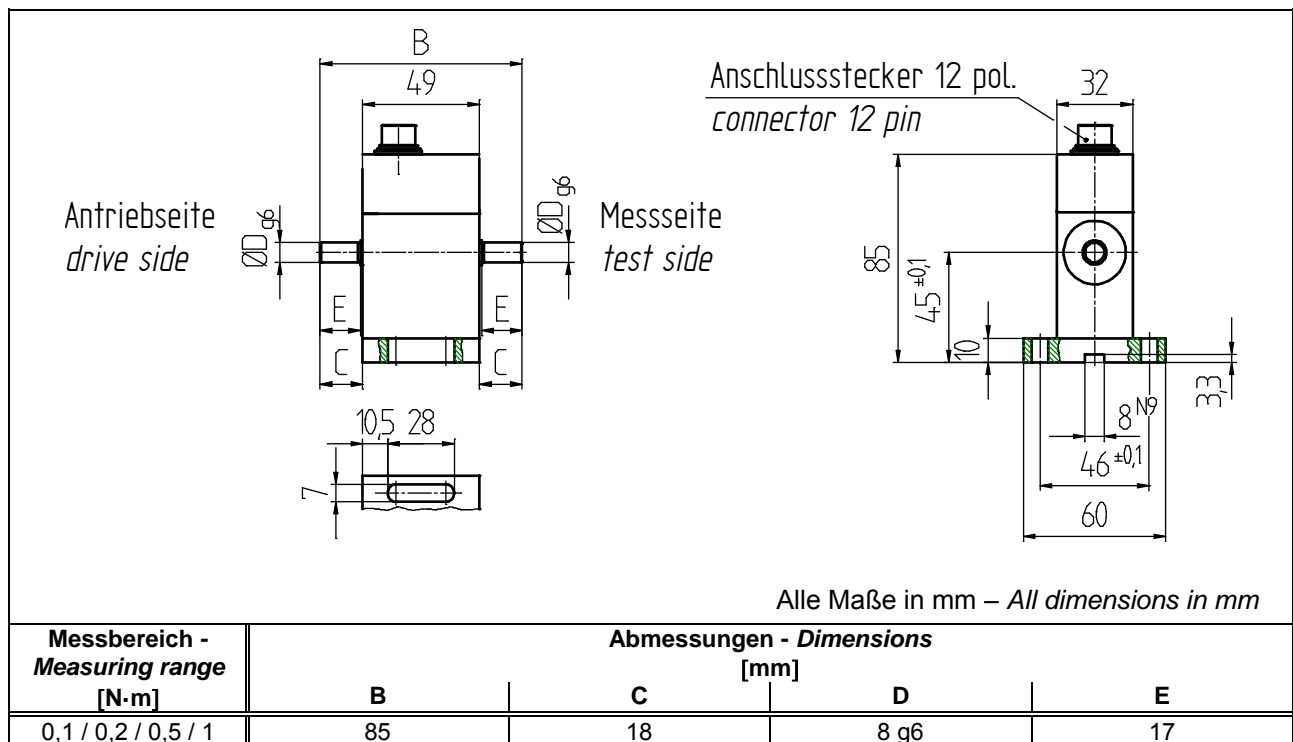
Optionen - Options

Artikel- Nr. - Article-no.	Bezeichnung - Description	
101560	Winkelmessung, 360 Impulse 2 x TTL 90° versetzt - Angle control 360 impulses, 2 traces, 90° displaced	Rechtsdrehung - CW-turn CH A  CH B 
104097	≥2000 N·m, 60 Impulse 1 x TTL - 60 impulses, 1 trace	
103562	Ausgangssignal - Output signal	V
		0 ... ±10

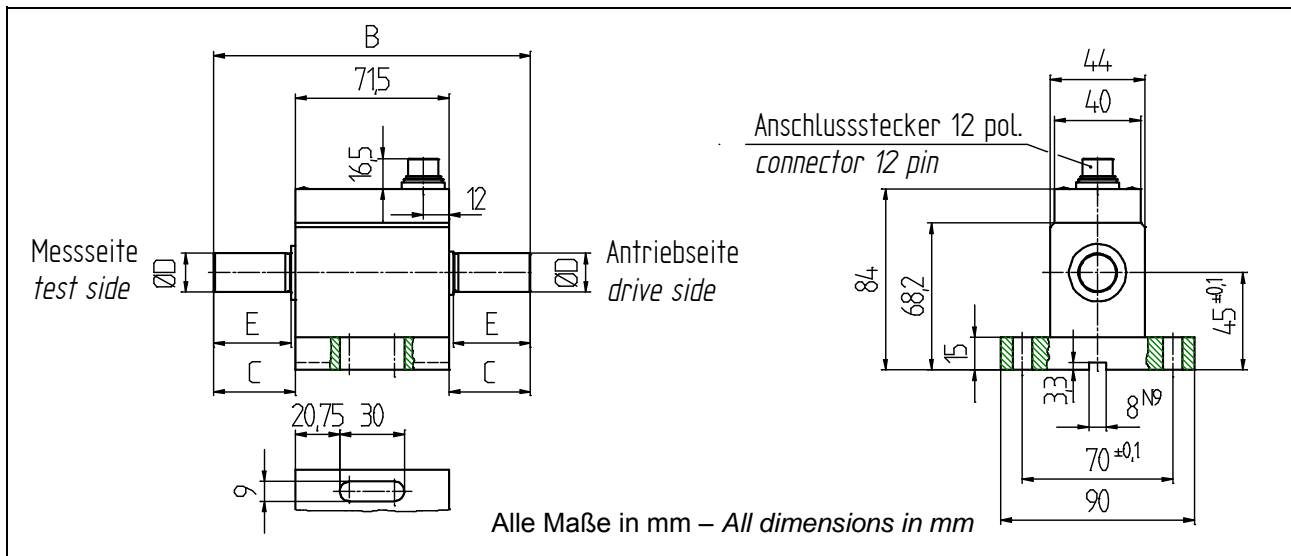
Anschlussbelegung - Pin connection

12-polig - 12-pin	DR-2212, DR-2212-R		DR-2512, DR-2512-R	
Pin A	NC	-	NC	-
Pin B	Opt. Winkel B - Opt. angle B	TTL	Opt. Winkel B - Opt. angle B	TTL
Pin C	Signal (+) - Signal (+)	±5 V	NC	-
Pin D	Signal (GND) - Signal (GND)	0 V	NC	-
Pin E	Vers. (GND) - Excitation (GND)	0 V	Vers. (GND) - Excitation (GND)	0 V
Pin F	Vers. (+) - Excitation (+)	12 ... 28 V DC	Vers. (+) - Excitation (+)	12 ... 28 V DC
Pin G	Opt. Winkel A - Opt. angle A	TTL	Opt. Winkel A - Opt. angle A	TTL
Pin H	NC	-	NC	-
Pin J	NC	-	RS485	RS485 (B)
Pin K	Kontrolle - Calibration control	L <2,0 V; H >3,5 V	NC	-
Pin L	NC	-	RS485	RS485 (A)
Pin M	Gehäuse - Housing		Gehäuse - Housing	

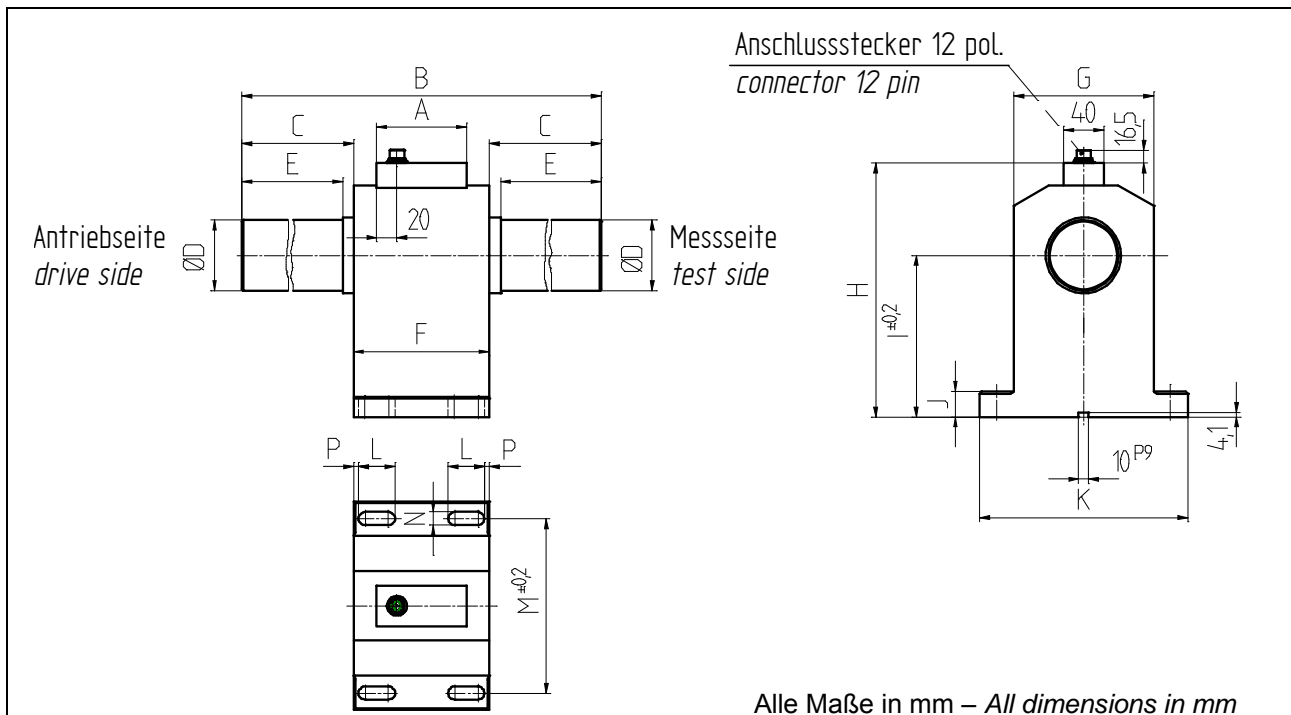
Mechanische Abmessungen - Dimensions DR-2212, DR-2212-R; DR-2512, DR-2512-R



Mechanische Abmessungen - Dimensions DR-2212, DR-2212-R; DR-2512, DR-2512-R



Messbereich - Measuring range [N·m]	Abmessungen - Dimensions [mm]			
	B	C	D	E
2 / 5	107,5	18	8 g6	17
10 / 15	107,5	18	10 g6	17
20 / 30	111,5	20	18 h6	18
50 / 100	147,5	38	18 h6	36



Messbereich - Measuring range [N·m]	Abmessungen - <i>Dimensions</i> [mm]														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P
200 / 500	89	217	43,5	32 h6	38	130	115	190,4	112	20	175	30	145	11	5
1000	89	262	66	50 h7	58	130	115	190,4	112	20	175	30	145	11	5
2000* / 5000*	89	377	121	70 h7	110	135	139	251,5	160	25	207	36	173	13	5
10000* / 20000*	89	470	140	110 h7	120	190	210	343	215	40	300	45	260	17	15

*Nur für DR-2212 und DR-2512 erhältlich - Only available for DR-2212 and DR-2512

LCL

Filtro de armónicos para convertidores



Descripción

Los filtros **LCL** están especialmente diseñados para eliminar los armónicos de la corriente absorbida por convertidores de potencia de 6 pulsos, tales como variadores de frecuencia para motores, **SAI**, etc.

Se trata esencialmente de filtros pasivos a base de una combinación serie-paralelo de inductancias y condensadores, adaptados a filtrar la entrada de los convertidores de potencia.

Aplicación

- Reducción de la distorsión de la onda de corriente hacia la red y el resto de la instalación
- Cumplir con las normas **IEC 61000-3-4**, **IEC 61000-3-12**, **IEC 61800-3** e **IEEE-519**
- Ahorro de energía por la reducción de la corriente eficaz (RMS), por tanto reducimos los kV·A demandados.
- Incremento de la vida útil de equipos aguas arriba al reducir las pérdidas térmicas que se generan.
- Limita transitorios de corriente, evitando daños al convertidor y disparos por sobre-tensión que afectan procesos de producción.

Características

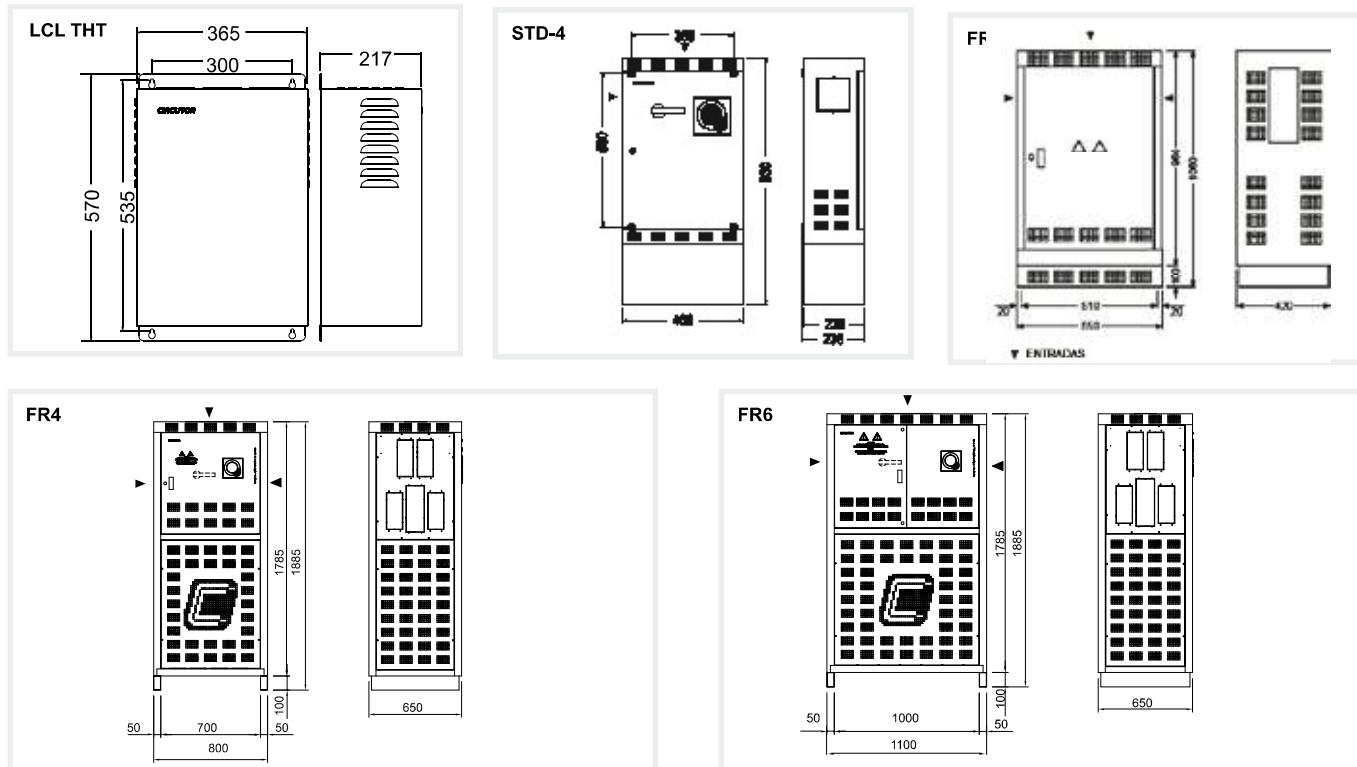
Características eléctricas	
Tensión (fase-fase)	400 V c.a. / 480 V c.a. (otras tensiones, bajo demanda)
Frecuencia	50 Hz para tipos LCL-35-xx 60 Hz para tipos LCL-36-xx
Corriente RMS de carga (I_c)	Ver tabla
Capacidad de sobrecarga	1,5 I_c durante 1 min seguido de 5 min a I_c (a temperatura máxima de uso)
Corriente RMS (I_f) de filtrado	Ver tabla
THD de corriente residual	Aprox. 8 %
Caída de tensión a I nominal	< 2 %
Características constructivas	
Material armario	Acero tratado y pintado Bastidor RAL 1013 Puertas RAL 3005
Grado de protección	IP 20
Sistema de cierre	Llave y cerradura
Ventilación	Natural
Fijación	Sobre suelo
Instalación	Interior
Condiciones ambientales	
Temperatura de uso	35 °C
Humedad relativa	80 %
Normas	
EN 60439, EN 60831, EN 50081-1, EN 50081-2, clase A	

LCL

Filtro de armónicos para convertidores



Dimensiones



Referencias

LCL 400 - 415 V / 50 Hz

Corriente de carga I_c (A)	Q (kvar)	Dimensiones (mm) ancho x alto x fondo	Armario	Tipo	Código
9	1,76	365 x 570 x 217	LCL TH	LCL 35-9A-400	R73105
12	2,51	365 x 570 x 217	LCL TH	LC L35-12A-400	R73106
16	3,27	365 x 570 x 217	LCL TH	LCL 35-16A-400	R73107
22	4,42	460 x 930 x 230	STD-4	LCL 35-22A-400	R73108
32	6,63	460 x 930 x 230	STD-4	LCL 35-32A-400	R73109
40	8,29	460 x 930 x 230	STD-4	LCL 35-40A-400	R73110
47	9,14	650 x 1060 x 420	FRF	LCL 35-47A-400	R73111
54	10,8	650 x 1060 x 420	FRF	LCL 35-54A-400	R73112
64	13,26	650 x 1060 x 420	FRF	LCL 35-64A-400	R73113
76	14,92	650 x 1060 x 420	FRF	LCL 35-76A-400	R73114
90	18,24	800 x 1900 x 650	FR4	LCL 35-90A-400	R73115
110	23,21	800 x 1900 x 650	FR4	LCL 35-110A-400	R73116
150	29,84	800 x 1900 x 650	FR4	LCL 35-150A-400	R73117
180	36,48	800 x 1900 x 650	FR4	LCL 35-180A-400	R73118
220	46,42	1100 x 1900 x 650	FR6	LCL 35-220A-400	R73119
260	53,06	1100 x 1900 x 650	FR6	LCL 35-260A-400	R73120
320	66,32	1100 x 1900 x 650	FR6	LCL 35-320A-400	R73121
400	79,58	1100 x 1900 x 650	FR6	LCL 35-400A-400	R73122

Opcional otras tensiones, frecuencias y corrientes bajo pedido.

LCL

Filtro de armónicos para convertidores

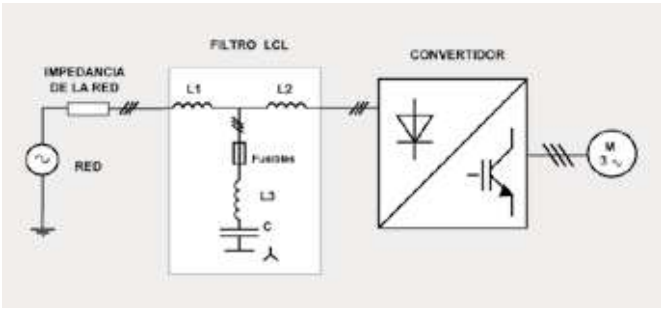


Referencias

LCL 460 - 480 V / 60 Hz

Corriente de carga I_c (A)	Q (kvar)	Dimensiones (mm) ancho x alto x fondo	Armario	Tipo	Código
9	2,73	365 x 570 x 217	LCL TH	LCL 36-9A-480	R732050070000
16	4,55	365 x 570 x 217	LCL TH	LCL 36-16A-480	R732070070000
22	6,21	460 x 930 x 230	STD-4	LCL 36-22A-480	R732080070000
32	7,59	460 x 930 x 230	STD-4	LCL 36-32A-480	R732090070000
40	11,38	460 x 930 x 230	STD-4	LCL 36-40A-480	R732100070000
47	15,18	650 x 1060 x 420	FRF	LCL 36-47A-480	R732110070000
54	15,18	650 x 1060 x 420	FRF	LCL 36-54A-480	R732120070000
64	18,97	650 x 1060 x 420	FRF	LCL 36-64A-480	R732130070000
76	22,77	650 x 1060 x 420	FRF	LCL 36-76A-480	R732140070000
90	26,56	800 x 1900 x 650	FR4	LCL 36-90A-480	R732150070000
110	30,36	800 x 1900 x 650	FR4	LCL 36-110A-480	R732160070000
150	45,53	800 x 1900 x 650	FR4	LCL 36-150A-480	R732170070000
180	53,12	800 x 1900 x 650	FR4	LCL 36-180A-480	R732180070000
220	60,71	1100 x 1900 x 650	FR6	LCL 36-220A-480	R732190070000
260	68,3	1100 x 1900 x 650	FR6	LCL 36-260A-480	R732200070000
320	91,07	1100 x 1900 x 650	FR6	LCL 36-320A-480	R732210070000
400	121,42	1100 x 1900 x 650	FR6	LCL 36-400A-480	R732220070000

Conexiones

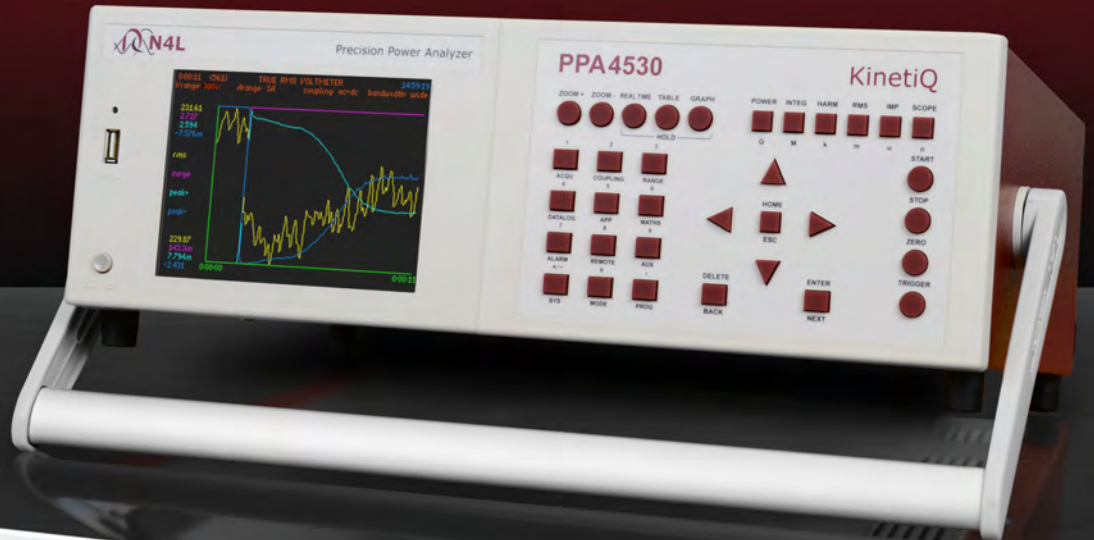




Newton's4th Ltd

Precision Power Analyzers

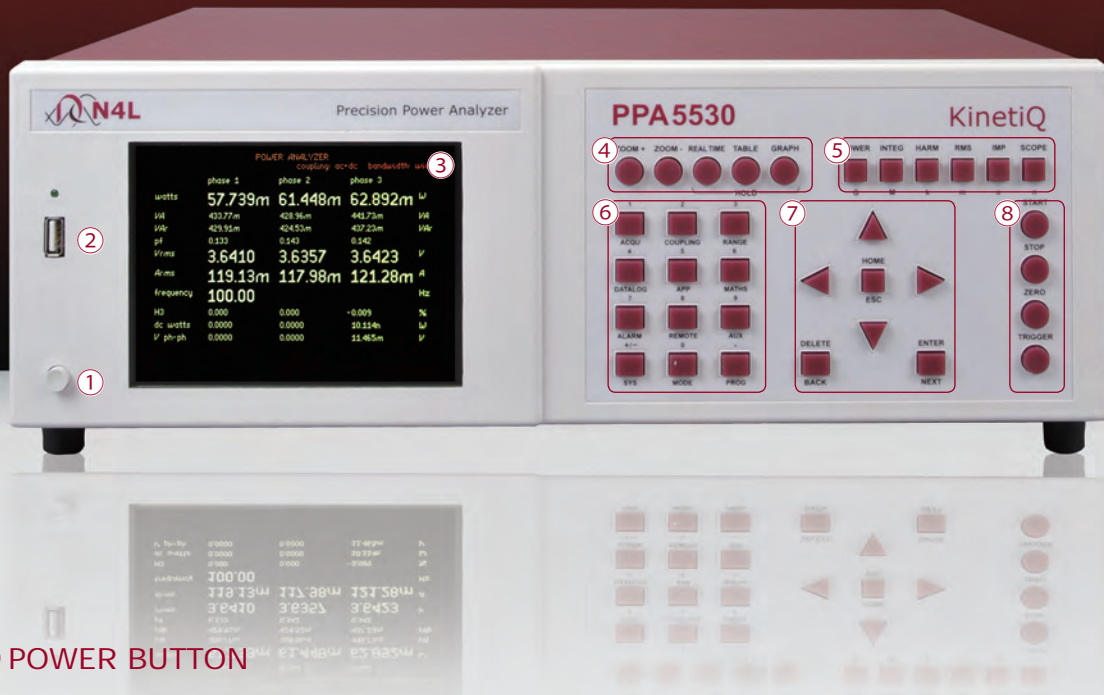
PPA4500 Series
PPA5500 Series



Leading wideband accuracy	Basic 0.01%(PPA5500) with class leading high frequency performance
Wide frequency range	DC, 10mHz to 2MHz
Fast sample rate and No-Gap	2.2M samples/s
Leading phase accuracy	0.005 Degrees plus 0.01 degrees per kHz
Built in high precision current shunt	10Arms, 30Arms or 50Arms with up to 1000Apk direct plus a wide range of external sensors
Versatile interfaces	RS232, USB, LAN, GPIB as standard (PPA5500) plus direct torque and speed
Range of PC software options	Remote control, monitoring and recording of real time data, tables and graphs
PWM Motor Drive Measurements	Highest performance Analyzer on the market for PWM Motor Drive Evaluation
External Voltage BNC Connector	Unique External BNC connector with high sensitivity to interface with external High Voltage Probes

PPA5530 Precision Power Analyzer

FRONT VIEW



① POWER BUTTON

② FRONT USB PORT

USB memory port allows data or screendumps to be saved directly to a USB pen drive

③ DISPLAY SCREEN

White LED backlight colour TFT display with high contrast and wide viewing angle

④ SCREEN DISPLAY OPTIONS

Zoom, Real time, Table and Graph options

⑤ MEASUREMENT FUNCTION SELECTION BUTTONS

- POWER ANALYZER
- POWER INTEGRATOR
- HARMONIC ANALYZER
- TRUE RMS VOLTMETER and AMMETER
- IMPEDANCE METER
- OSCILLOSCOPE



Measurement Mode Control

⑥ MEASUREMENT SETTINGS BUTTONS

Acquisition settings - Sets wiring configuration,

Smoothing and data logging

Coupling - Set coupling to AC, DC or AC+DC, also set bandwidth

Range - Internal or external attenuator, autoranging settings, scale factors

Application mode - PWM, ballast, inrush current, power transformer, standby power, IEC61000 (PPA5500)

Plus direct configuration of - Alarm, Auxiliary, Remote, System and Program functions

⑦ MENU SELECTION AND CURSOR CONTROL

⑧ START, STOP, ZERO AND TRIGGER

Trigger button refreshes measurement, Zero resets datalog or allows an offset trim

Start and Stop buttons provide manual control of a measurement period

REAR VIEW



PPA45/5530 (3 Phase)

⑨ PHASE INPUTS

Direct voltage Input: 3kVpk (1kVrms) in 9 ranges*

Direct current Input: 300Apk (30Arms) Standard Model, 30Apk (10Arms) Low Current Model, 1000Apk (50Arms) High Current Model

External voltage and current sensor inputs to 3Vpk in 9 ranges* - BNC Connector

⑩ SYNC CONNECTOR

All PPA models can offer up to 12 phase analysis using the PPALoG PC program
Additionally two PPA45/5530's can be connected via the extension port and sync BNC connector to form a 6 phase analyzer when a PC is not available

⑪ EXTERNAL SENSOR INPUTS

+/-10V or pulsed input from torque and speed sensors provides direct measurement of mechanical power + analogue output

⑫ PC INTERFACE CONNECTIONS

Standard interfaces RS232 + USB + LAN + GPIB (Standard on PPA5500, LAN + GPIB optional on PPA4500)

⑬ LOW NOISE COOLING FANS

Air bearing low noise fans are utilized to ensure minimum audible and electrical noise while maintaining a stable operating temperature for the high precision low inductance internal current shunts

*PPA4500 - 8 ranges



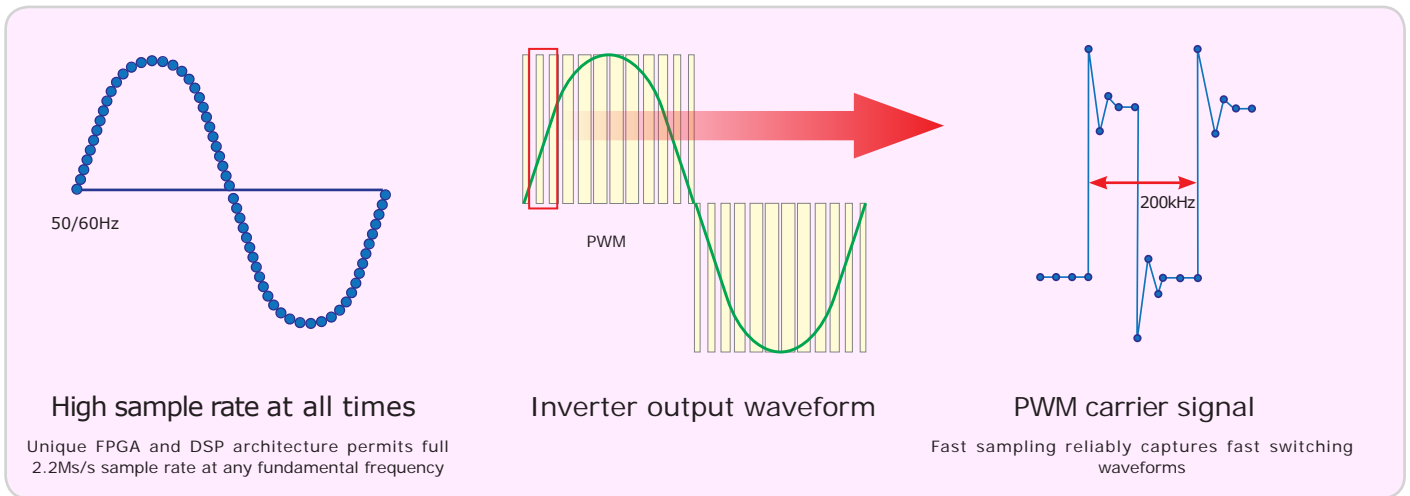
FEATURES

■ High Speed Power Measurement - 2ms* Datalog Interval

PPA5500 PPA4500

Measurements include all frequency components in power waveforms for example, fundamental, harmonics of the fundamental and the carrier of a PWM inverter output by maintaining 2.2Ms/s sampling at any drive frequency

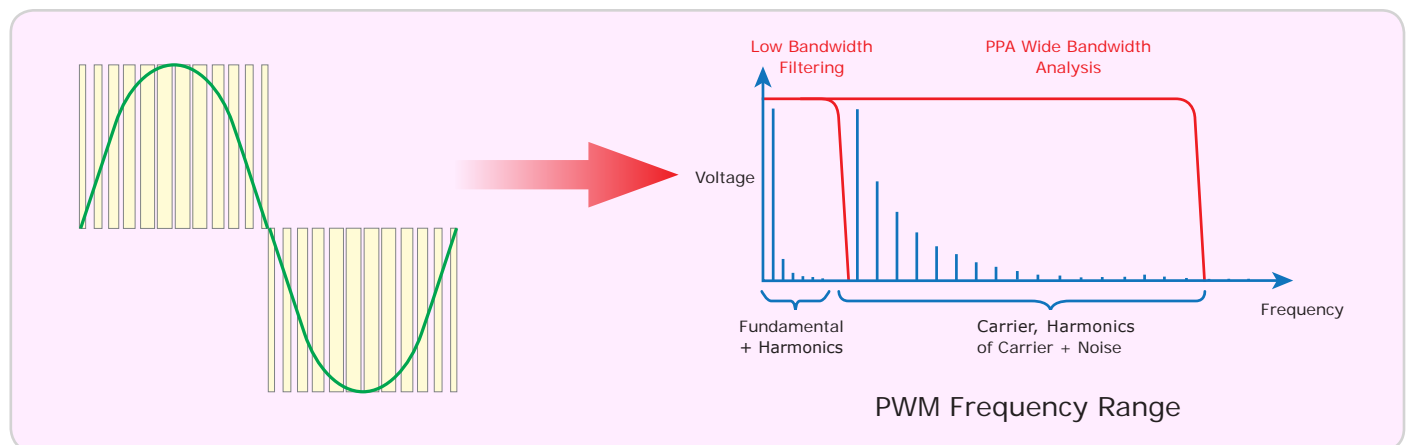
※PPA4500 10ms datalog interval



■ 2MHz Wideband Frequency Response

PPA5500 PPA4500

With 2MHz bandwidth and exceptionally flat response, the PPA provides precision analysis of total power in applications such as lighting ballasts or PWM drives that involve a wide range of frequency components. Proprietary to N4L, a digital process called Expanded Nyquist Sampling ensures no alias components



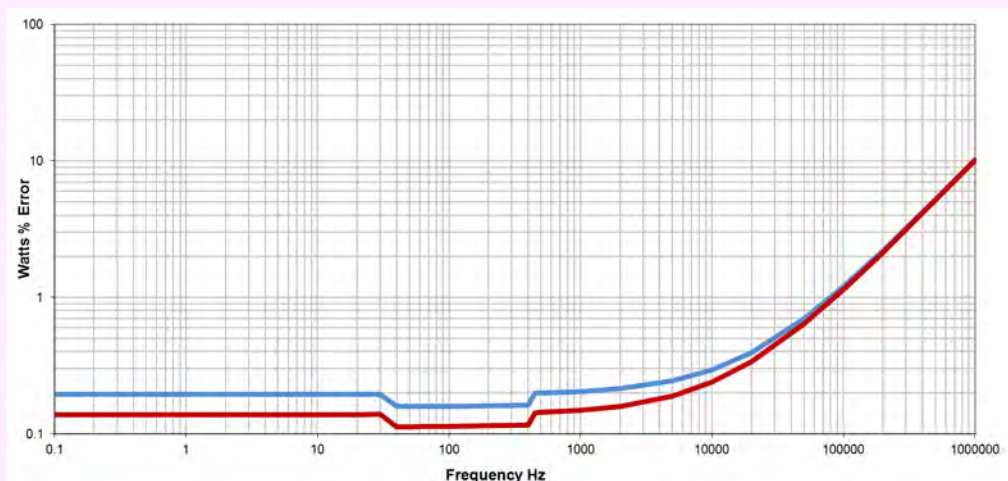
■ High Accuracy

PPA5500 PPA4500

Unique voltage and current analogue card design ensures high accuracy for both power and harmonic analysis

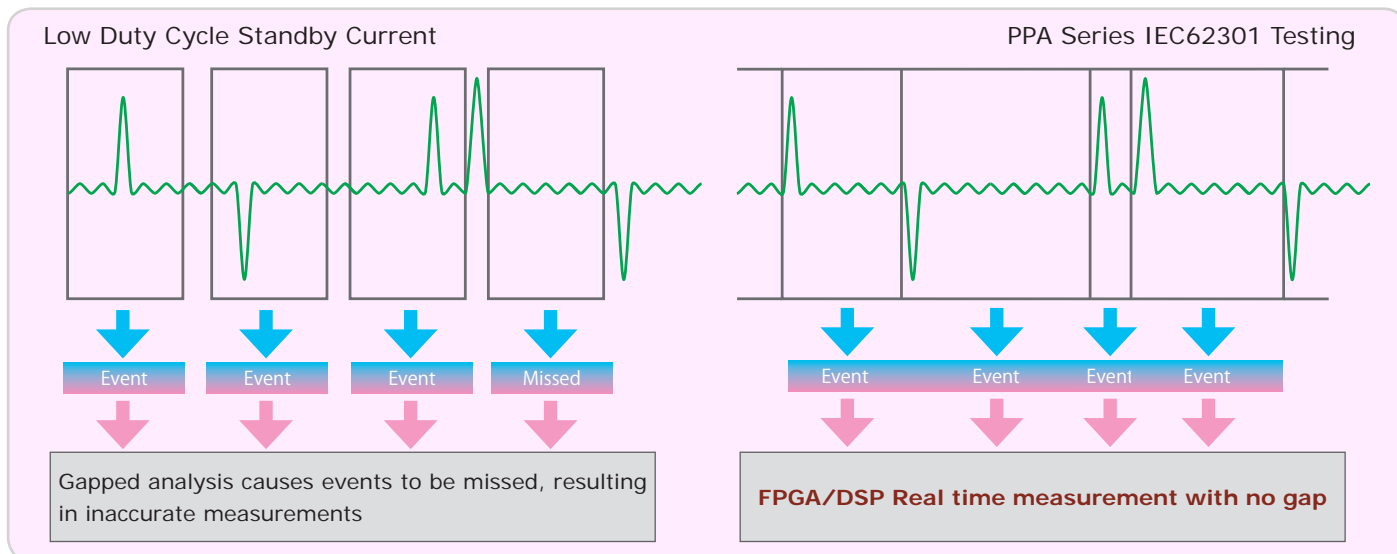
Class Leading Power Accuracy

PPA5500 Power Accuracy: $[0.03\% + 0.03\%/pf + (0.01\% \times kHz)/pf]$ Rdg + 0.03%VA Rng
240V (300V Range), 1A (3A Range), Power Factor : 1 (40-400Hz 0.02%VA Rng)



■ DFT Real Time No Gap Analysis PPA5500 PPA4500

Many power applications have fast changing asynchronous current pulses which are not suited to fixed data length FFT analysis. The PPA series combine a real time DFT (Discrete Fourier Transform) technique with variable window no gap analysis to ensure the optimum speed and accuracy at all times



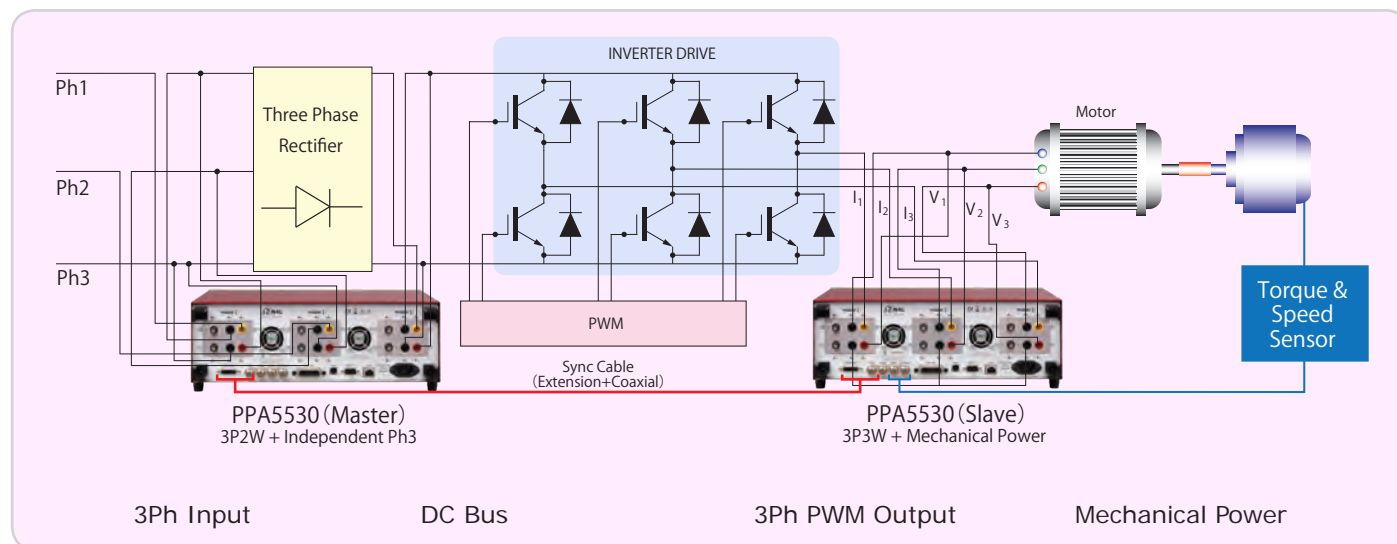
- Missing data compromises power accuracy
- Long term measurement integration achieves approximately correct average power

- Real Time No Gap analysis ensures correct power measurement
- Simultaneous fundamental and pulse frequency synchronization quickly obtains the correct power

■ Up to 6 Phase Analysis PPA5500 PPA4500

Master/Slave mode enables two PPA45/5530's to be fully synchronized into a single 6 phase measurement system

※4 or more phase measurements provided via N4L PC software or master slave mode



Advantages of Dual PPA vs Single instrument

- Twice the processing power as one unit
- Flexibility between different applications
- Units fully synchronized giving single point of control

Measurement parameter examples

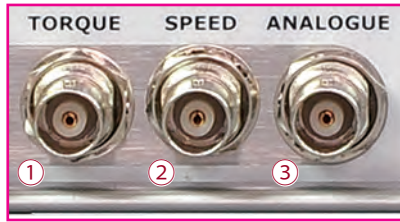
- Input/Output power measurement
- Efficiency of the inverter
- Inverter output voltage harmonics
- Motor drive characteristics



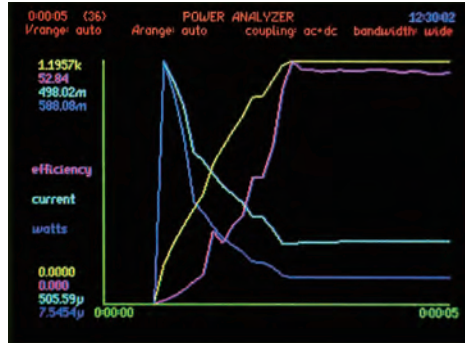
FUNCTIONS

■ Input Torque and Speed Sensor PPA5500 PPA4500

Direct measurement of torque and speed from dedicated inputs that are fully synchronized with the voltage and current channels permits true real time power conversion efficiency to be evaluated



- ①TORQUE Bipolar $\pm 10V$ / pulsed
- ②SPEED Bipolar $\pm 10V$ / pulsed
- ③ANALOGUE Analogue output of selected function $\pm 10V$

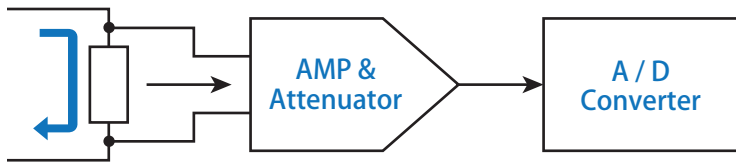


Graph



Real time data

■ Built in Amplifier and Unique Shunt Resistor PPA5500 PPA4500



The PPA series use a single shunt resistor unique to N4L that combines exceptional linearity and no need for relay switching which can cause measurement errors

Model	Low Current Model	Standard Model	High Current Model
PPA5500	9 ranges: 3mA _{pk} - 30A _{pk} (10Arms) 100m Ω Shunt	9 ranges: 30mA _{pk} - 300A _{pk} (30Arms) 10m Ω Shunt	9 ranges: 100mA _{pk} - 1000A _{pk} (50Arms) 3 m Ω Shunt
PPA4500	8 ranges: 10mA _{pk} - 30A _{pk} (10Arms) 100m Ω Shunt	8 ranges: 100mA _{pk} - 300A _{pk} (30Arms) 10m Ω Shunt	8 ranges: 300mA _{pk} - 1000A _{pk} (30Arms) 3m Ω Shunt

External shunt options

(DC ~ 1MHz, 0.1% Accuracy, Inductance < 1nH)

Model	Maximum Current		Bandwidth
	Rated A	Peak	
HF500	500Arms	5000A _{pk}	DC ~ 1MHz
HF200	200Arms	2000A _{pk}	
HF100	100Arms	1000A _{pk}	
HF020	20Arms	200A _{pk}	
HF006	6Arms	60A _{pk}	
HF003	3Arms	30A _{pk}	



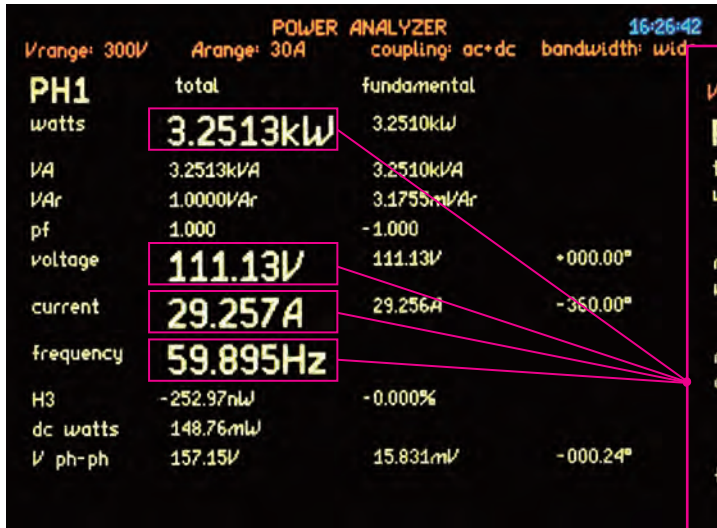
HF003



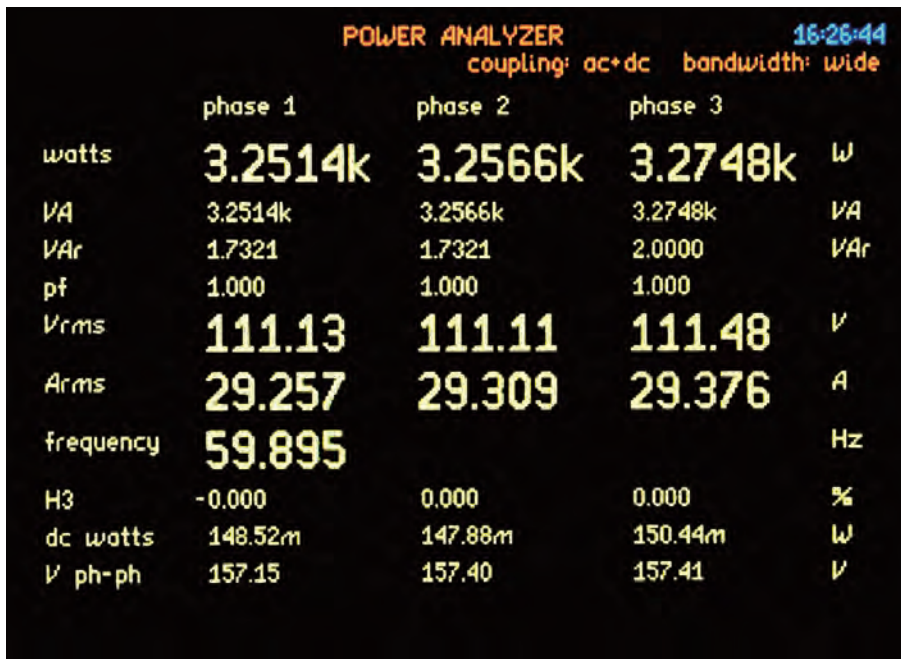
HF500



Any parameters can be enlarged with the zoom function



Zoom function enabled on total watts, rms voltage, rms current and frequency



All power measurement and RMS values are computed simultaneously allowing measured values to be selected and viewed during analysis

Here, three phase total power is selected with all primary power functions in each phase plus frequency, a selected harmonic, dc watts and phase to phase voltage

Mechanical power, Maths and Efficiency functions can also be added to this screen giving real time analysis of electrical or electrical to mechanical systems

3 Phase analysis display selectable in both Total and Fundamental values

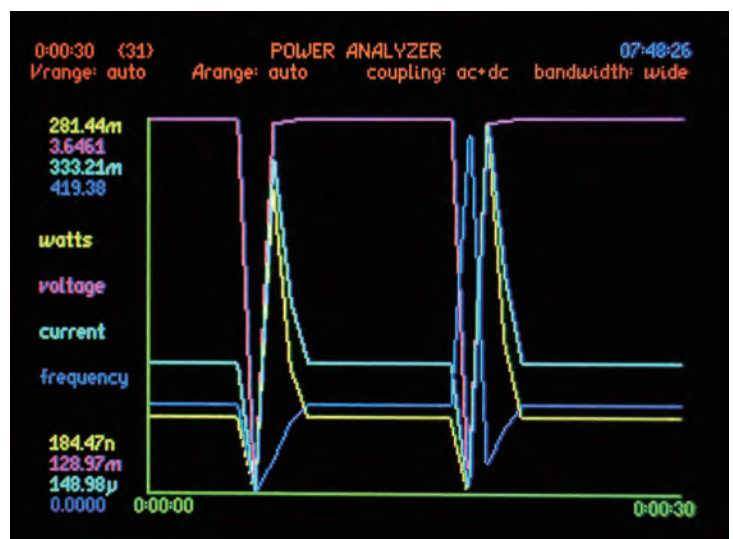
MEMORY

Large 1GB (PPA5500 series) internal memory, data logging from 2ms intervals with synchronization to the fundamental frequency and no gap between measurements

Datapoint storage up to 10M in the PPA5500 series

Alternatively the data can be stored in an external USB pen drive or directly to PPALoG PC software

Voltage, Current, Frequency and Power - Examples of graph mode



Trend analysis

MEASUREMENT MODES

Power Integrator (power consumption) Mode, RMS Meter Mode and Impedance Meter Mode

PPA5500

PPA4500



Power Integrator mode



RMS Voltmeter mode



Impedance meter mode

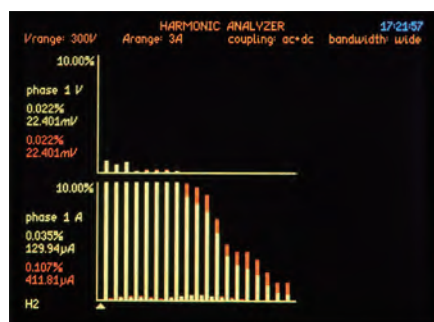
Note

In addition to detailed measurements of the phase power parameters, you can check the balance of power between the phases and observe computed neutral current when 3 phase 4 wire connection is selected

Harmonic Analyzer and Oscilloscope

PPA5500

PPA4500



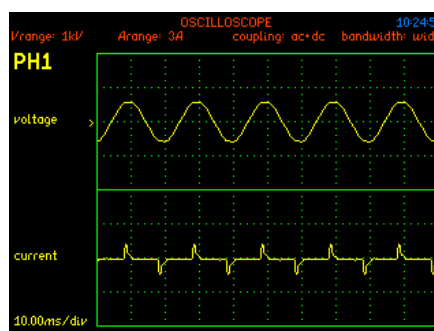
Harmonic analyzer (Bar graph)



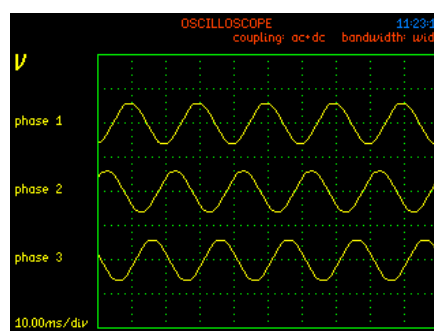
Harmonic analyzer summary page



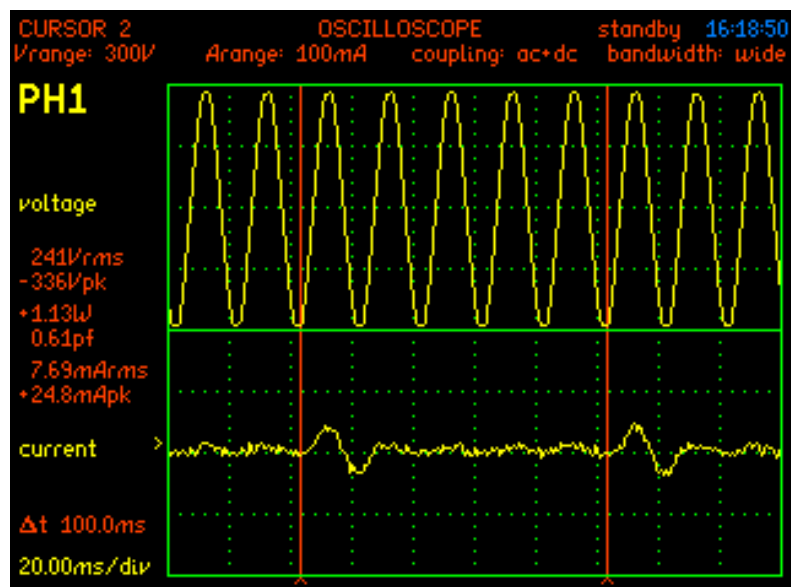
Harmonic analyzer table



Oscilloscope - Voltage and Current display



Three phase display of voltage or current



Oscilloscope Cursors - Enable cursors and display Vrms, Vpk, Watts, Power Factor, Arms and Apk

Note

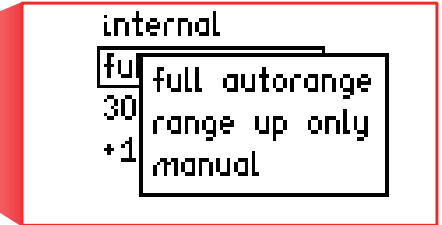
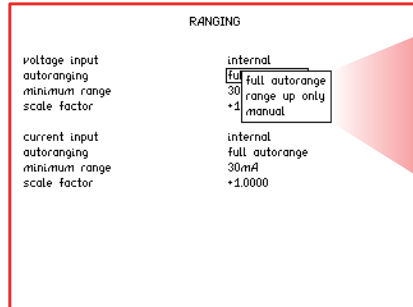
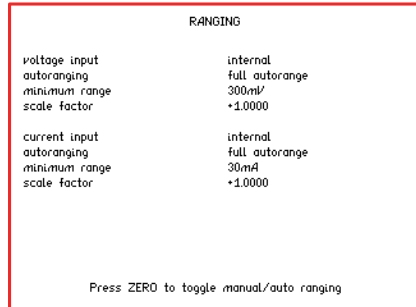
In Harmonic Analyzer Mode, the PPA4500 provides up to 100 Harmonics with real time, table or bar graph presentation. Measurements are in absolute magnitude and percentage of fundamental with harmonic phase also available. The PPA5500 extends the harmonic range to 417 for aerospace applications and also includes a DFT based interharmonic analysis mode for aircraft standards testing (TVF105)

ACQUISITION SETTINGS

■ Auto-Ranging, Range Up Only or Manual PPA5500 PPA4500

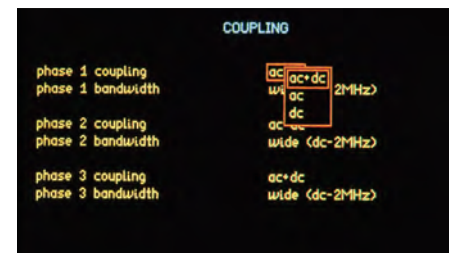
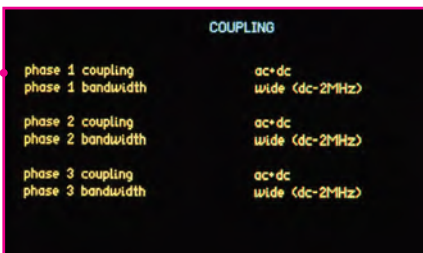
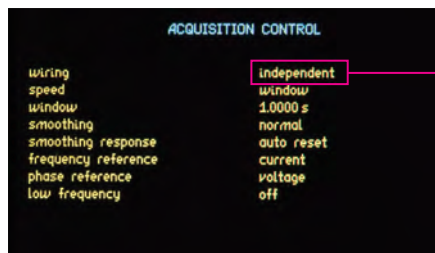
Range modes are selectable

- ① Auto-Ranging Performs automatic switching of voltage and current ranges up and down depending on the level of the measured value with all inputs linked or ranged independently to ensure optimum accuracy
- ② Range up only Performs automatic ranging when the input is 120% of range, ranging up only
- ③ Manual No automatic ranging, user specifies the range in which to operate (used when input voltages and currents are known) or during inrush current testing

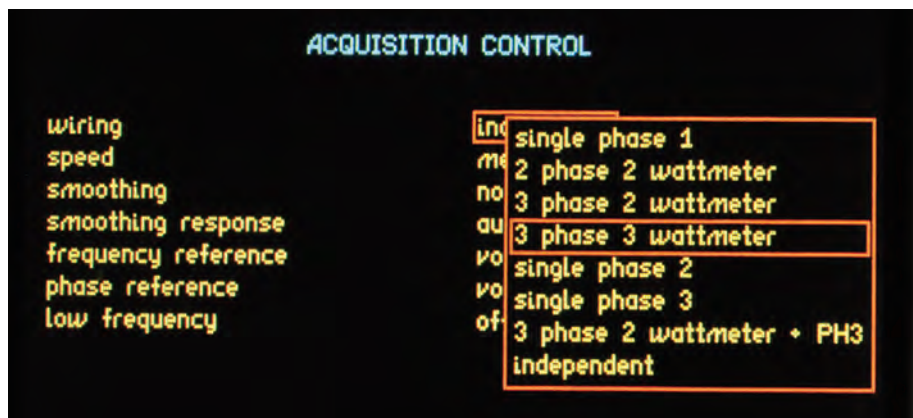


■ Independently Set Input Coupling PPA5500 PPA4500

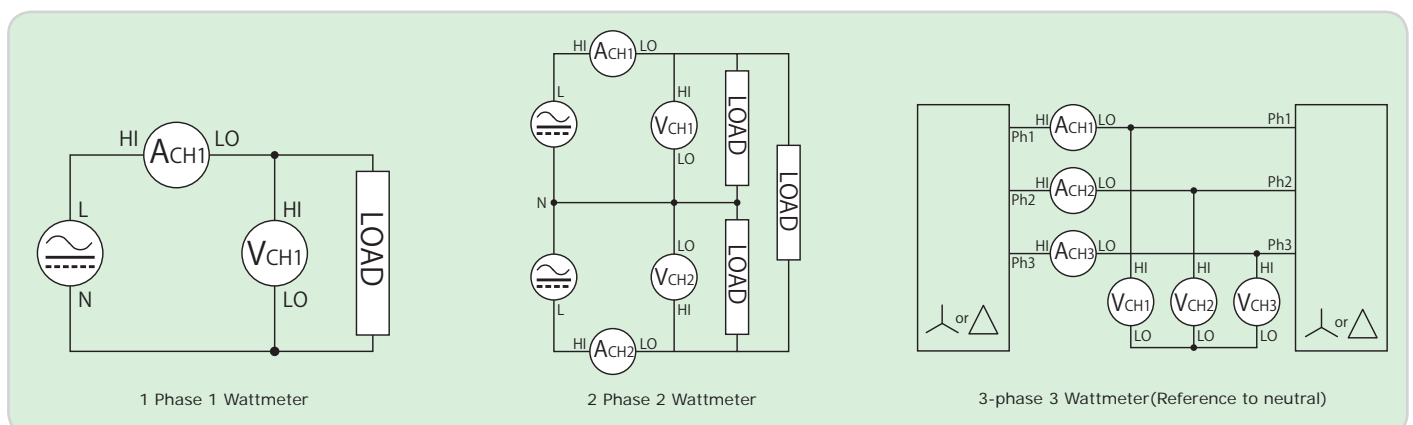
Independently set input coupling so different methods of sensing can be implemented. Such as a CT on phase 1 and shunt sensing on phases 2 + 3



■ Wiring Settings PPA5500 PPA4500



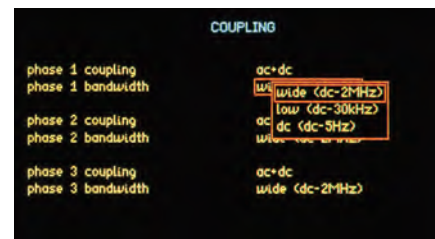
Various wiring arrangement settings to satisfy a complete range of setups found in power analysis



ACQUISITION SETTINGS

■ Bandwidth Settings PPA5500 PPA4500

- DC(DC-5Hz) DC measurements up to 5Hz
- Low(DC-200kHz) Basic power (50/60Hz) including harmonics of the fundamental while rejecting high frequency noise
- Wide(DC-2MHz) Wideband applications such as PWM inverter drives including all power components for true total power



Example of independent wiring configuration showing 3 phase individual coupling settings

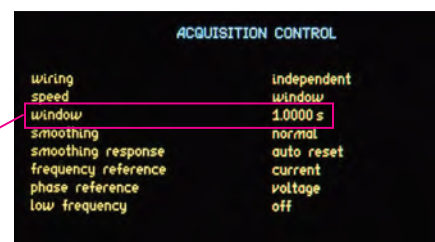
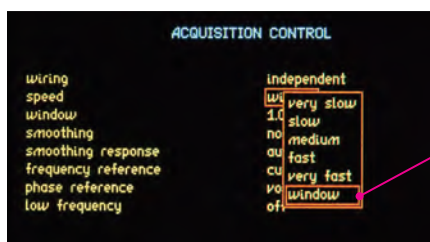
Note

The PPA45/5500 series includes a programmable digital filter that allows users to set a preferred bandwidth

■ Display Settings, Smoothing Response and Frequency Reference PPA5500 PPA4500

① Display update rate

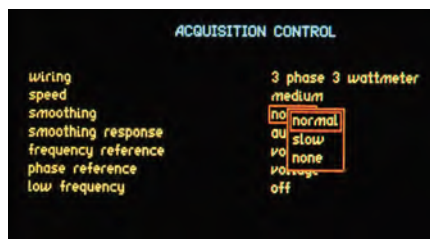
Various settings for the display update rate (2ms ~ 100s) which also increases the smoothing when used together with the smoothing option. A 'window' option permits direct control of the measurement window size (Note: Minimum window size for PPA4500 - 10ms)



Example of setting the window, eg (50Hz set to 20ms)

② Smoothing settings

Working in conjunction with the speed setting, a smoothing filter can then be applied to the measurements. Normal and slow options are available which apply an increasing time constant to the output of the measurement window

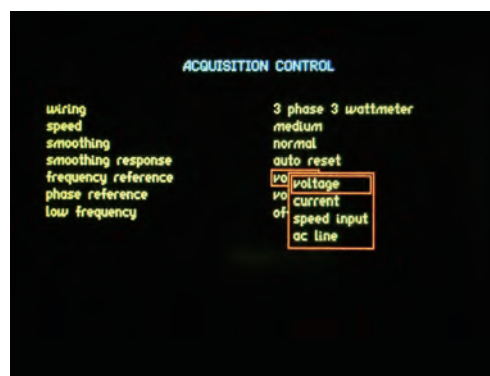


speed	update rate	normal time constant	slow time constant
Very Fast	1/80s	0.05s	0.2s
fast	1/20s	0.2s	0.8s
medium	1/3s	1.5s	6s
slow	2.5s	12s	48s
very slow	10s	48s	192s

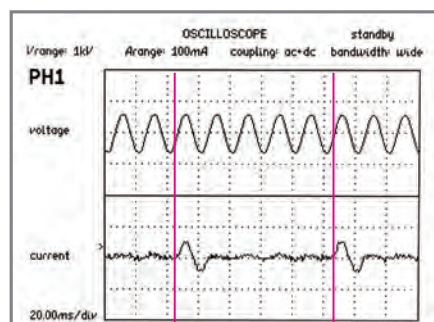
- Display update speed settings
- Setting the filter (normal/slow)

■ Frequency Reference PPA5500 PPA4500

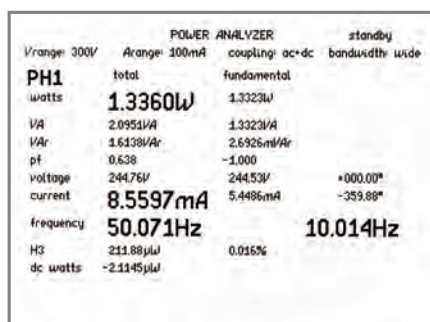
When making a precision measurement of ac power, correct synchronization with the fundamental frequency is essential. The PPA series provides a solution to frequency synchronization in a wide range of applications including Standby Power, Variable Speed Drives, Electronic Ballasts and DC to AC Inverters with the option to select voltage, current, speed or ac line input as the frequency reference. The PPA45/5500 series also provide fully independent frequency detection on all phase inputs



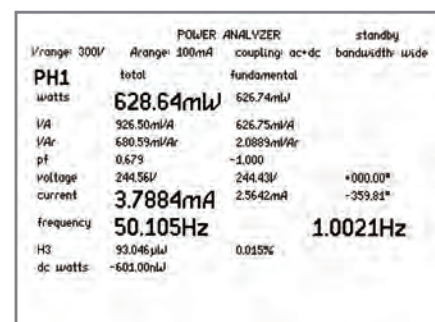
Frequency Reference



1:5 cycle (10Hz standby current period)
Power measurements synchronized to low duty cycle current pulses of a power supply in standby mode



1:5 duty cycle standby power measurement cycle



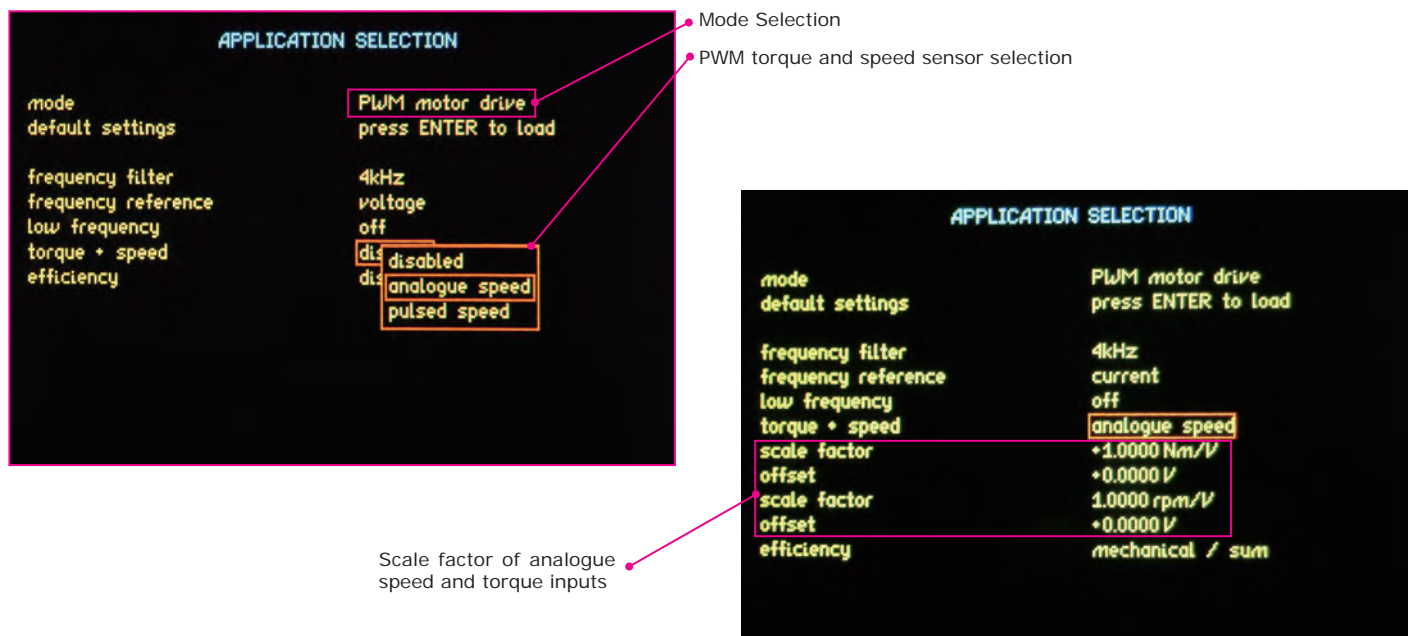
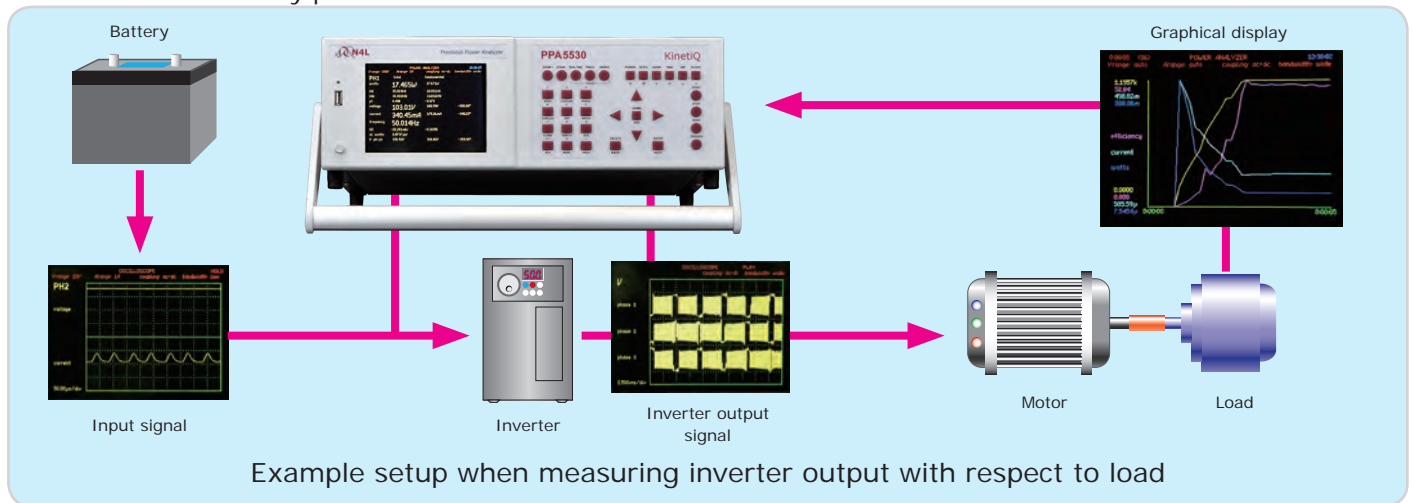
1:50 low duty cycle (1Hz) power measurement

APPLICATIONS

Application Modes PPA5500 PPA4500

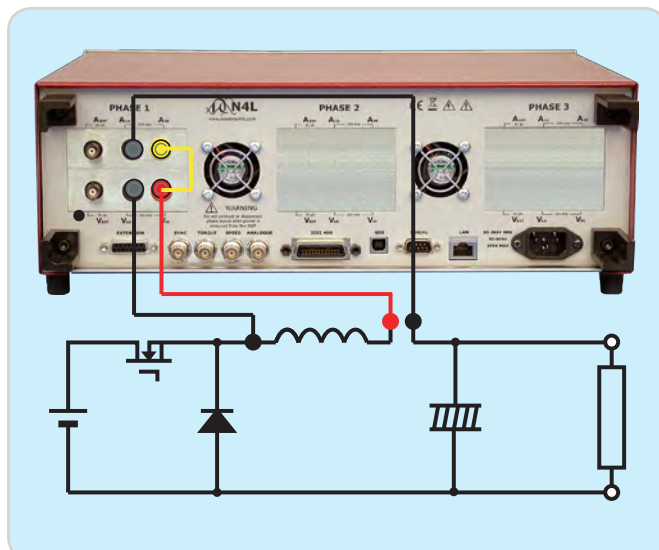
In addition to the usual power measurements, various modes are pre programmed into the instrument including "PWM motor drive", "ballast lighting system", "inrush current", "power transformer", "Harmonics and Flicker*", "TVF105*" and "standby power"

*PPA5500 only



Inductance Loss Analysis PPA5500 PPA4500

An example of analysis of dynamic inductance losses



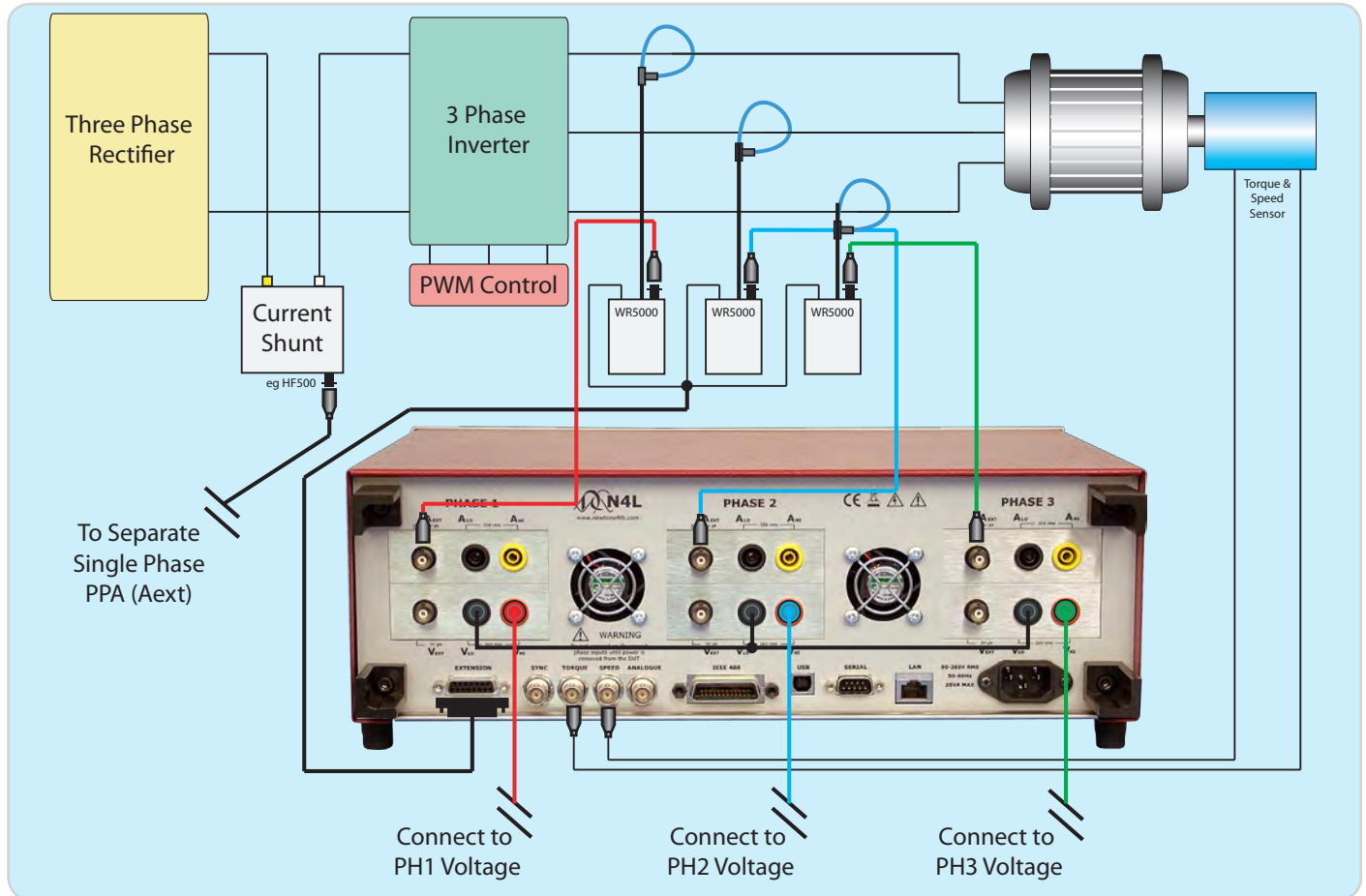
POWER ANALYZER			
Vrange: 30V	Arange: 300mA	coupling: ac+dc	bandwidth: wide
PH1	total	fundamental	
watts	23.813mW	11.320mW	
VA	325.76mVA	193.59mVA	
VAr	324.89mVAr	-193.26mVAr	
pf	0.073	+0.058	
voltage	3.6878V	2.2899V	+000.00°
current	88.335mA	84.539mA	-086.65°
frequency	30.000kHz		
H3	4.9618mW	43.83%	
dc watts	68.838μW		

Real time data

APPLICATIONS

■ PWM Motor Drive Evaluation PPA5500 PPA4500

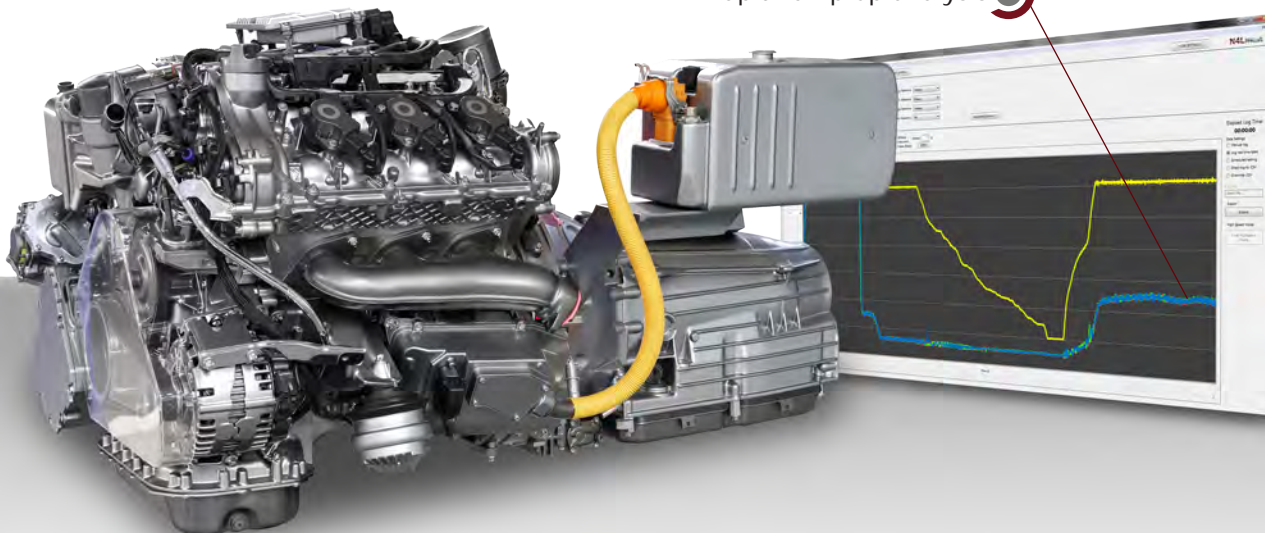
The PPA5500 is the perfect solution for Inverter Drive evaluation and analysis. Utilising proprietary digital filtering algorithms, the N4L power analyzer range offers unrivalled performance. The PPA5500 can be used in conjunction with external current sensors such as the WR5000 - a 1MHz 5000A Rogowski Coil in high current applications. Inverter efficiency is available via either 3 Phase 2 Wattmeter method + CH3 (utilising CH3 for the DC Bus measurement). Alternatively a second single phase PPA can be connected to the DC Bus and the two analyzers are configured in a Master Slave arrangement, all data is available via N4L Software.



■ High Speed Analysis PPA5500

The PPA5500 features the fastest signal processing on the market, this enables high speed tracking of changing inverter drive frequencies and power parameters during ramp up and ramp down conditions, for example in electric vehicle applications. N4L's free to download software package (PPALoG) offers datalog intervals down to 5ms, providing fast, no-gap real-time data direct to software.

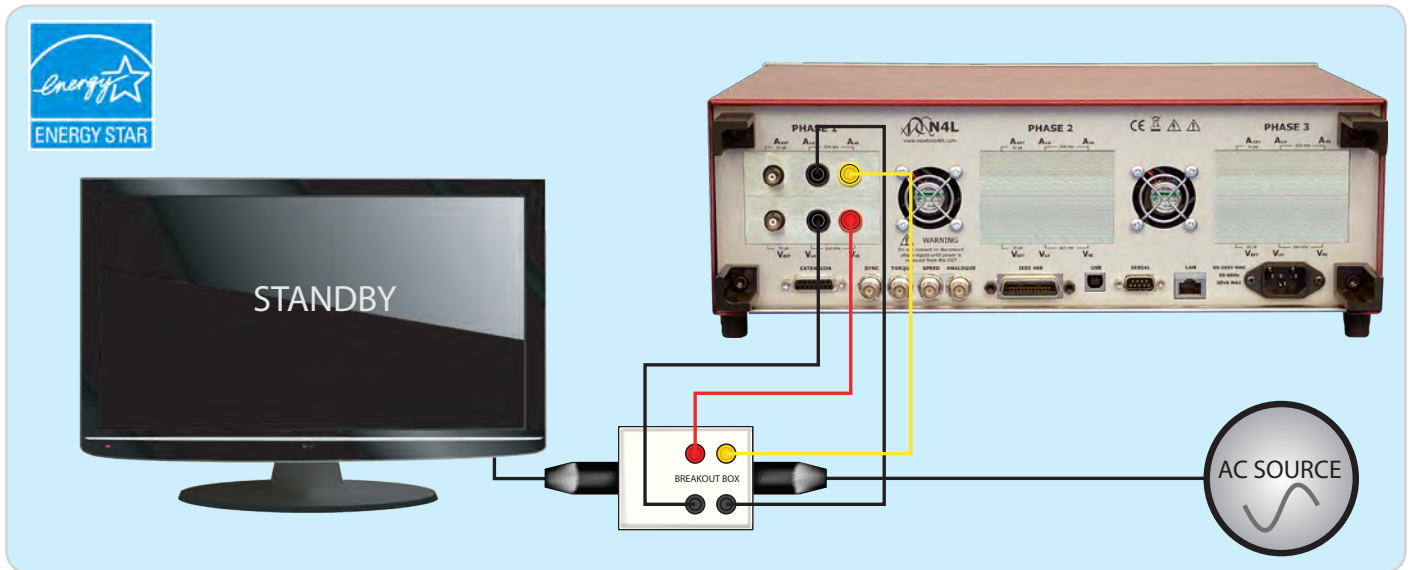
Rapid ramp up analysis



APPLICATIONS

■ Standby Power (IEC62301 Ed 2.0) PPA5500 PPA4500

The PPA4520 and PPA5520 units offer unrivalled dynamic range which enables the user to comply with IEC62301 and Energy Star testing standards. Utilising "Standby Power Mode" the PPA employs proprietary standby power signal processing algorithms to provide accurate no gap analysis of high crest factor (CF) signals, importantly the entire N4L power analyzer range benefit from a guaranteed accuracy specification up to a crest factor of 20.



■ Guaranteed Accuracy up to Crest Factor 20 PPA5500 PPA4500

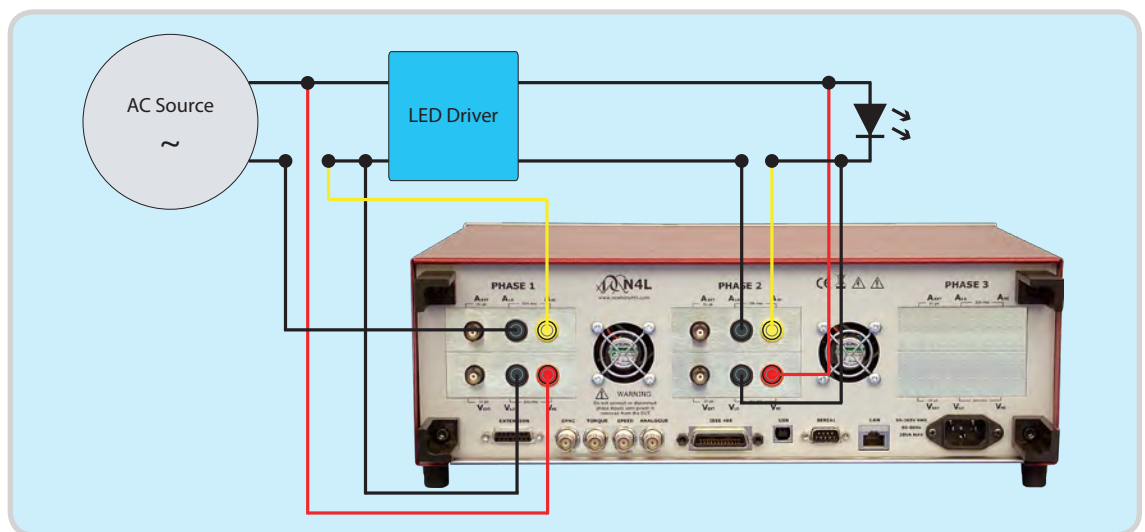
As stated in IEC62301, typical standby power current waveform crest factors can exceed values of 10. In such cases it is important for the Power Analyzer to guarantee accuracy at crest factors expected of the application under test.



Newtons4th are the only Power Analyzer Manufacturer in the world* to provide ISO17025 calibration certificates on all new Power Analyzers as standard. Our ISO17025 Schedule of Accreditation includes Voltage, Current, Phase, Power, Harmonics and Flicker. With traceable certification of power accuracy down to 0.5W, N4L offer the ideal measurement solution for certified standby power measurement.

■ LED Driver Efficiency PPA5500 PPA4500

The PPA4520 and PPA5520 offer an ideal solution for LED driver efficiency measurements, dimming techniques such as reverse phase control are easily analyzed by the N4L Power Analyzers.



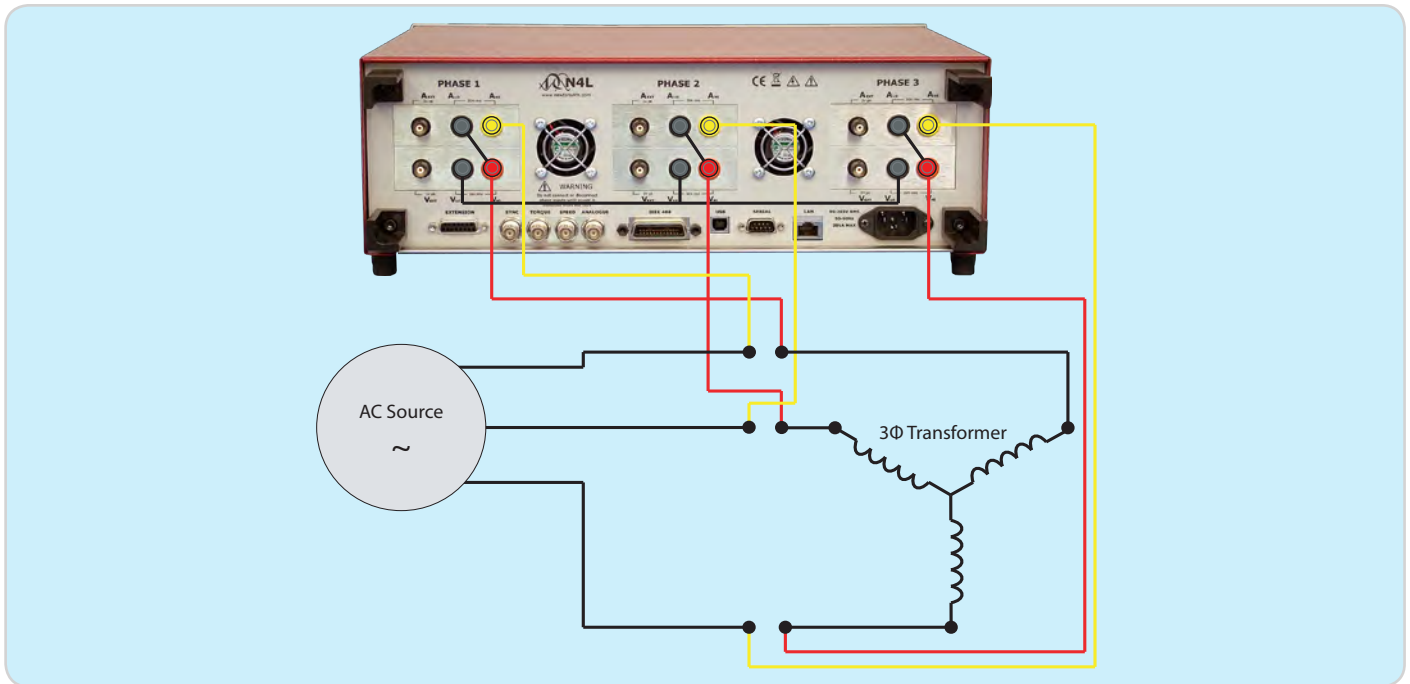
Efficiency can be viewed either directly on the PPA display using the "Phase/Next Phase" efficiency option or calculated in PPALog software.



APPLICATIONS

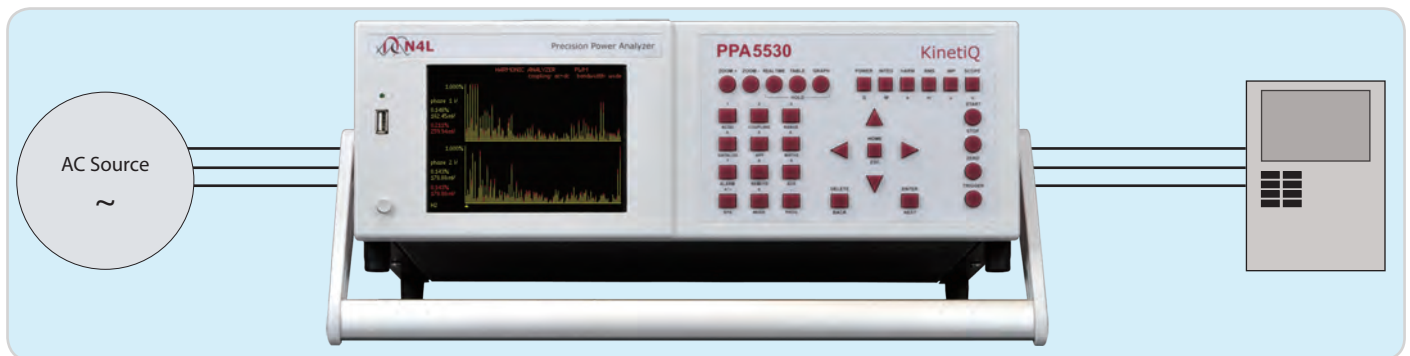
■ Power Transformer Loss Testing PPA5500 PPA4500

The PPA4500 and PPA5500 series of Power Analyzers exhibit the best phase accuracy on the market, with a basic accuracy of 0.005° , low power factor core loss testing of transformers is both accurate and repeatable. This is achieved as a result of both sophisticated analogue input design and proprietary digital signal processing techniques. Low power factor certification to UKAS ISO17025 is also available directly from N4L's accredited calibration laboratory.

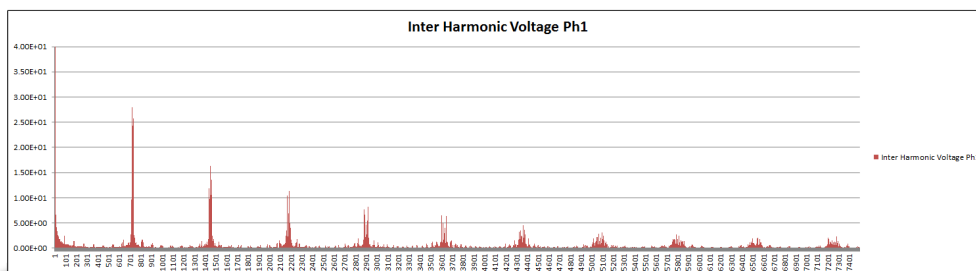


■ Aircraft Avionics Industry - 417 Harmonics + Interharmonics PPA5500

The PPA5500, featuring high speed FPGA and DSP processors is able to compute up to 417 Harmonics and also meet interharmonic measurement requirements of ABD0100.1.8. The Harmonic Analyzer mode and special TTVF105 Interharmonic mode in the PPA5500 offer the Avionics Engineer an accurate, simple to use solution.



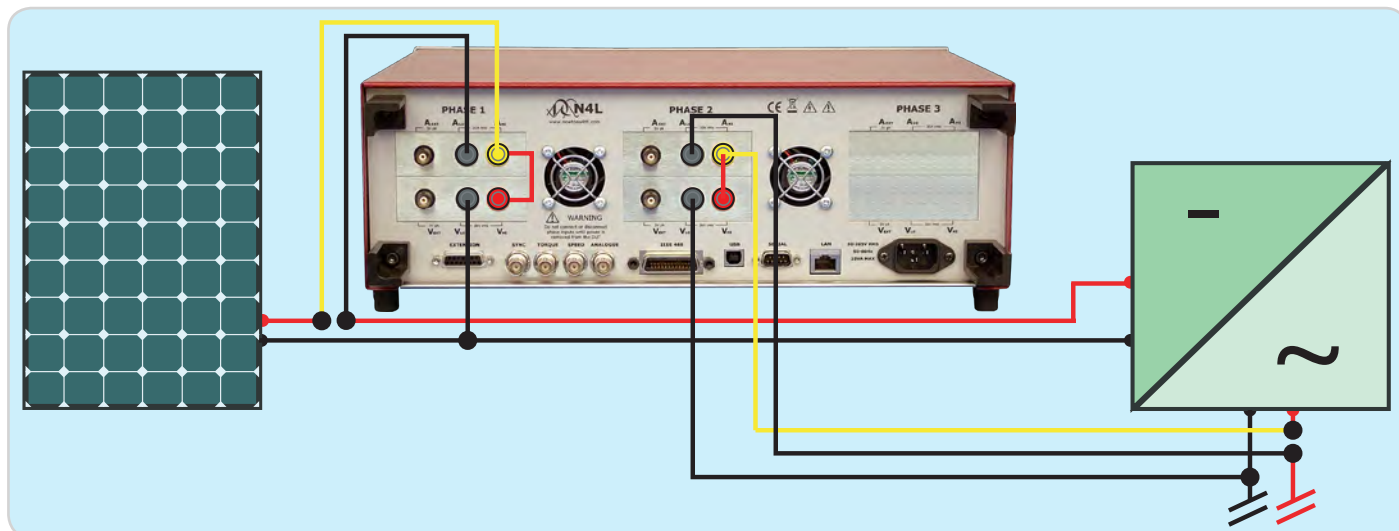
Example ABD0100.1.8 Interharmonic Results, up to 150kHz (Sample Waveform analyzed for illustration)



Note: PPA4500 up to 100 Harmonics

■ Solar Inverter Performance Analysis PPA5500 PPA4500

The PPA5500 and PPA4500 provide a highly accurate solar inverter analysis and evaluation solution, featuring independent frequency detection N4L Power Analyzers exhibit the ability to synchronise to the 50/60Hz output signal along with the DC input signal from the solar array. Both efficiency of the inverter, quality of the AC output and many other performance parameters can be recorded.

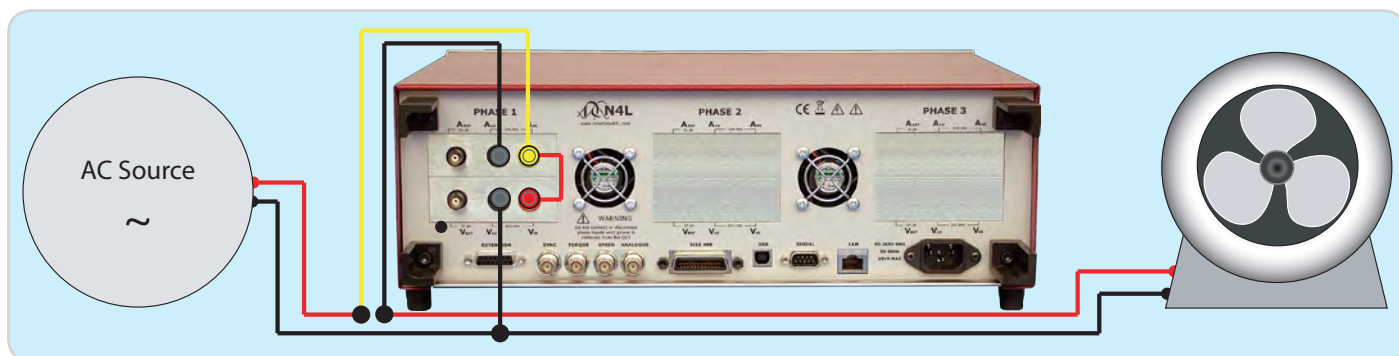


■ Inrush Current PPA5500 PPA4500

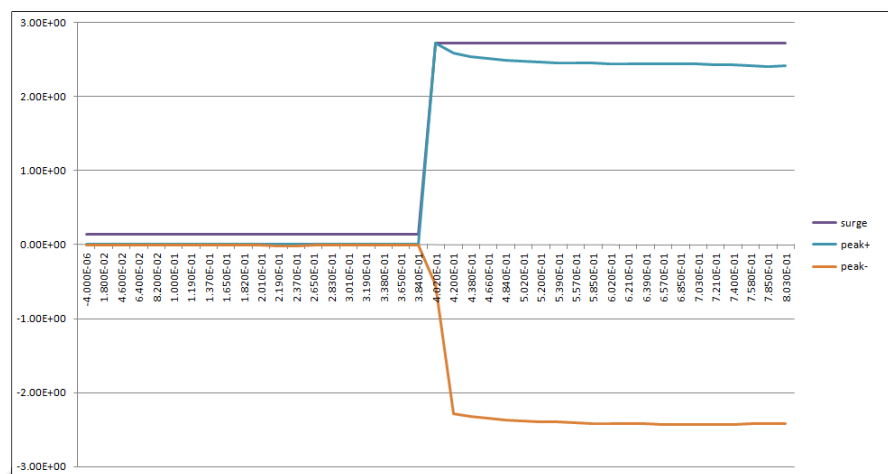
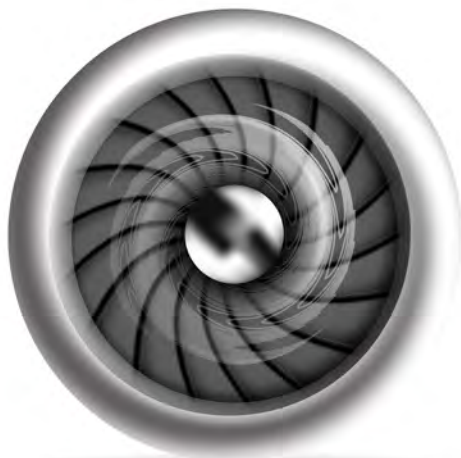
Accurate inrush current measurements rely upon two factors aside from fundamental measurement accuracy, these are gapless measurement and a high sampling rate;

1. Gapless Measurement - Inrush waveforms by their nature are transient; gapless measurement is vitally important in order to ensure that inrush waveform data is not missed.

2. High Sampling Rate - When working with mains frequencies, many power analyzers have low sample rates due to the computation of measured values from a data block of finite size. The PPA4500 and PPA5500 utilise a proprietary real time signal processing technique that maintains full 2.2Ms/s sample rate irrespective of the measured load frequency, ensuring that high frequency events are captured without aliasing.



Example Inrush current data, datalogging at nominally 20ms intervals directly to PPALoG



Calibration and ISO17025 Certification



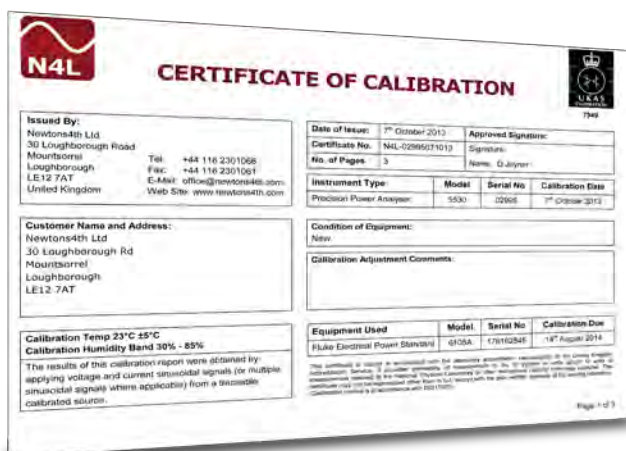
Newtons4th are an accredited UKAS Calibration laboratory, all PPA4500 and PPA5500 Power Analyzers are supplied with an ISO17025 UKAS Calibration Certificate as standard. Calibration of N4L Power Analyzers is an integral and important part of our service to our clients, we offer quick turnaround times at a competitive price. Re-Calibration is also available at our international offices and various distributors throughout the world*.



Schedule of Accreditation PPA5500 PPA4500

N4L's schedule of accreditation to ISO17025 is wide ranging and an overview of the schedule is detailed below, for more specific information please see the UKAS website to view the full accreditation schedule.

ISO17025 UKAS Accreditation Schedule		
	Signal Amplitude	Frequency Range
Voltage Sine Amplitude	1V to 1008V	16Hz to 850Hz
Voltage Harmonic Amplitude	0V to 302V	16Hz to 6kHz
Current Sinewave Amplitude	100mA to 48A	16Hz to 850Hz
Current Harmonic Amplitude	0A to 15A	16Hz to 6kHz
Current to Voltage Phase Angle	-180° to +180°	16Hz to 850Hz
Apparent Power (VA Product)	100mVa to 48.4kVA	16Hz to 850Hz
AC Power	0W to 48.4kW	16Hz to 850Hz
Current Harmonic Amplitude to IEC61000-4-7	0A to 6A	16Hz to 6kHz
Flicker to IEC61000-4-15	Pinst(Sinusoidal Modulation)	As per IEC61000
	Pinst(Rectangular Modulation)	
	Pst	
	Frequency Changes	
	Distorted Voltage with Multiple Zero Crossings	
	Harmonics with Sidebands	
	Phase Jumps	
	Rectangular Changes with Duty Cycle	



Due to the specialist nature of Power Measurement Instrumentation Calibration, N4L utilise both commercially available calibration equipment (such as the Fluke 6105A for UKAS Certification) along with N4L bespoke designed signal generation equipment in order to calibrate our instruments over the full frequency range (up to 2MHz). Calibration over the full frequency range is uncommon given that such signal generation equipment is not commercially available. When supplied with an N4L analyzer, all customers will receive a calibration certificate covering the complete frequency range.

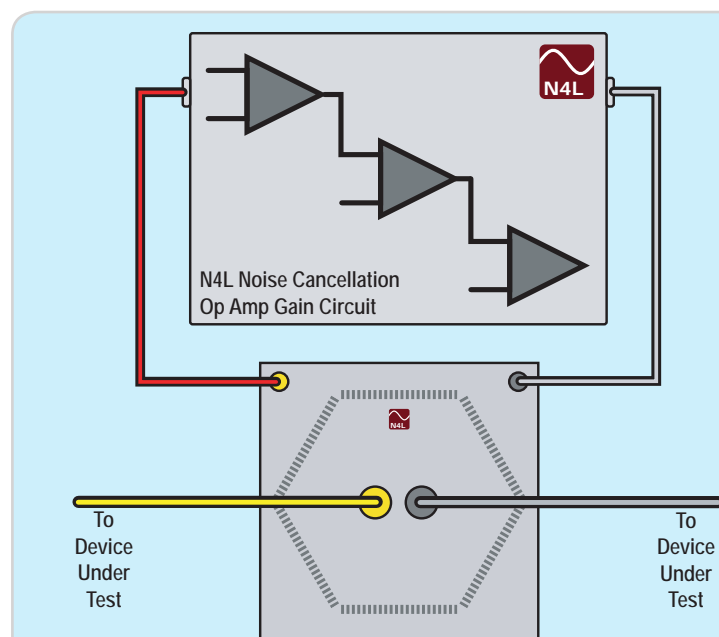


*UKAS Calibration is available from N4L UK HQ only, details for calibration performed at other locations is subject to local accreditation, please contact your local office for more details.

Ranging Principles

■ 9 Stage Solid State Ranging System - PPA5500 PPA4500

Combining highly linear voltage attenuator and current shunt designs with a proprietary 9 stage (PPA5500) or 8 stage (PPA4500) solid state ranging system on every phase input, the PPA series achieve a uniquely wide dynamic range, with no need to switch between voltage attenuators or current shunts when ranging up or down.



Design features:

- Single attenuator on each voltage input
- High impedance low capacitance
- Single shunt on each current input
- Low impedance low inductance
- Auto peak detect
- High speed solid state ranging
- High Noise rejection
- Auto DC offset trimming

Benefits:

- Overload protected on any range
- Low shunt affect on voltage connections
- Low voltage burden on current connections
- Market leading phase accuracy
- Peak detect ranging ensures no signal clipping
- Low attenuator/shunt operating temperature
- Fast range switching
- Constant frequency response on all ranges
- Signal can be applied with instrument powered off

■ Auto Peak Ranging Ensures Complete Waveform Analysis PPA5500 PPA4500

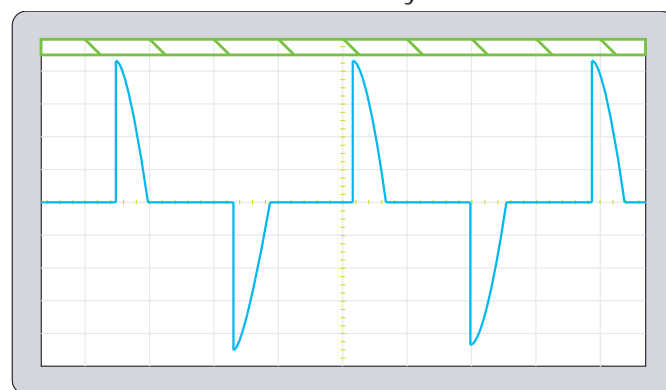
It is often overlooked that for an instrument to correctly calculate power parameters, the entire waveform must be digitised for analysis. The Peak Ranging system employed by all N4L Power Analyzers ensures that the entire waveform is digitised and the correct power parameters are calculated.

Example RMS Ranging system, commonly used in older instrument designs



Waveform within red hashed area is clipped by an RMS ranging system and fixed crest factor setting

Modern Peak Ranging System, implemented on all N4L Power Analyzers



Peak Ranging system auto-detects the peak of the input signal and selects the ideal range

Note

An RMS Ranging system requires the user to have prior knowledge of the crest factor which in many applications is not practical, either because the user cannot reasonably be expected to know this value before a measurement, or because the crest factor is changing during a measurement period. The ideal ranging system is therefore based upon peak detection which does not require the user to be concerned with a crest factor setting. While many RMS ranging systems are only guaranteed to support a Crest Factor of 6, all N4L Power Analyzers guarantee to auto-range with any crest factor and maintain full accuracy with a CF of at least 20. While waveforms with a true CF above 20 are very unusual, 'auto range up' or 'manual' ranging combined with a market leading range sensitivity enables the PPA to achieve a dynamic range equal to a CF >300.

PC CONTROL AND DATA ACQUISITION

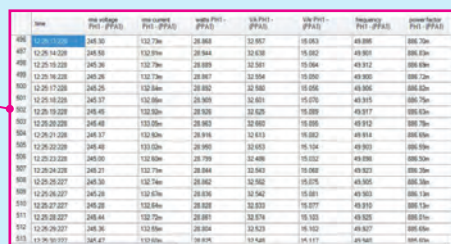
PC Software PPA5500 PPA4500

Analysis carried out by the instrument can easily be transferred to a PC via USB, RS232 or LAN

① **PPALoG** Exceptional flexibility and ease of use with all the functions included in the original PPAcomm program plus multiple instrument control for 4-12 phase applications and data export to Text file, Excel, Bitmap or Clipboard



Simultaneous display of master and slave units

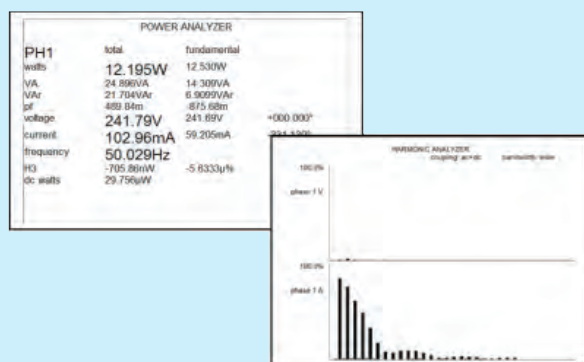


Real time Datalog

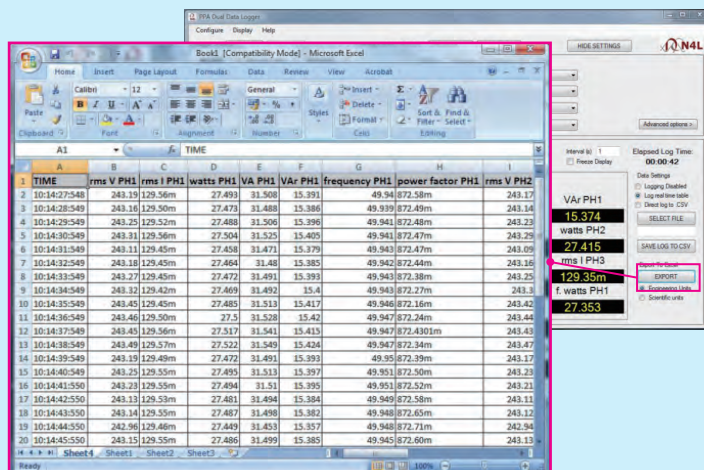
Capture up to 60 measured functions per line

- Measurement parameters are chosen by the user from tick box options
- Real time results can be displayed as latest value, table or graph
- Datalogging results are then saved in the selected format

Data Export options



A Bitmap image of any PPA screen image can be copied to clipboard or imported directly into documents

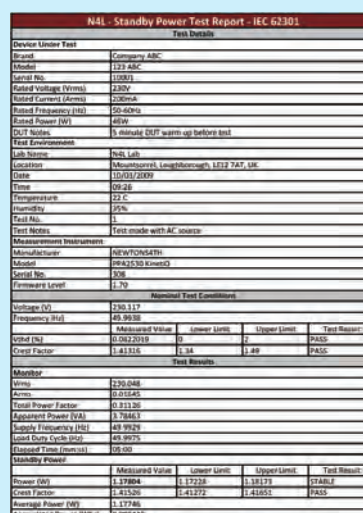


Measurement tables generated by the data logging function can be exported directly to Excel

② **PPA Standby Power** Full compliance testing to IEC62301. Meets or exceeds the requirements and methodology of U.S. EPA (Energy Star), U.S.DOE, California Energy Commission (CEC), among others.



Standby power test screen with real time update of IEC62301 criteria

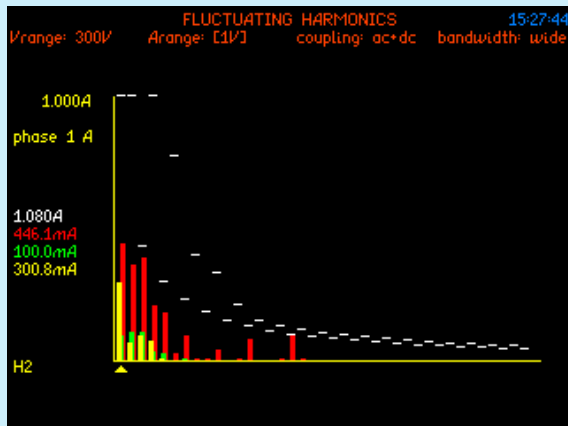


On completion of the standby test, a full test report can be exported directly to a spreadsheet

PC CONTROL AND DATA ACQUISITION

■ Fully Compliant IEC61000-3-2/3-3 Harmonics and Flicker Testing PPA5500

The PPA55xx series Power Analyzers provide fully compliant ISO17025 certified Harmonics and Flicker testing, Newtons4th offer the ability to display the results of many tests within the instrument and all tests to PC software.



Limits are shown in the graph mode where current, average and max values are updated. The class of the device under test (Harmonics) can be selected in the application menu.

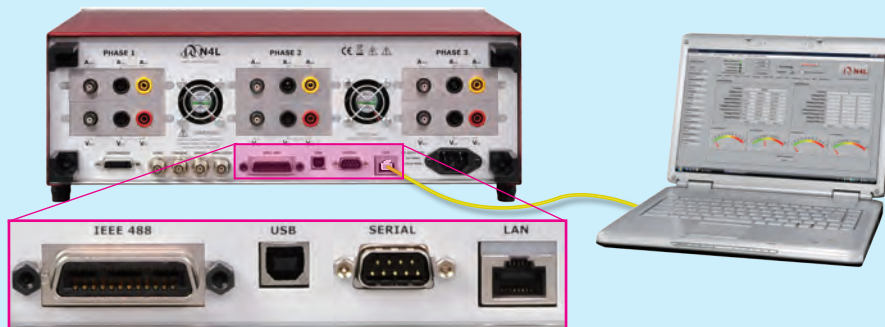


After the test is complete, the unit will display a Pass or Fail message. A screen shot can be downloaded to software, alternatively the test can be controlled and monitored in software.

More information is available in a separate IEC61000 Harmonics and Flicker brochure. Dedicated models called the PPA5511 and PPA5531 include low impedance shunts (see ** on page 20) and adjusted filter response for full compliance testing.

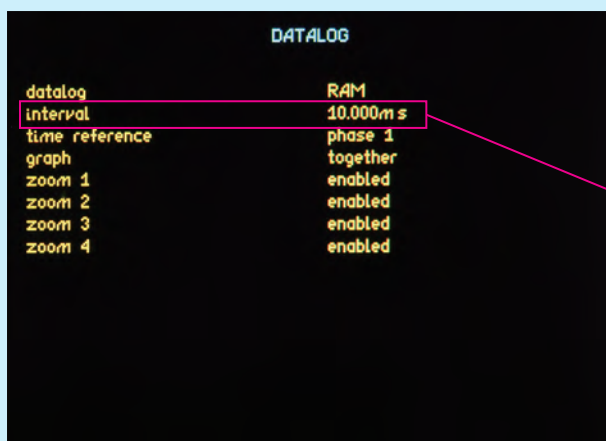
■ Connection Interface PPA5500 PPA4500

RS232 (standard), USB (standard), LAN (standard on PPA5500), GPIB (standard on PPA5500)

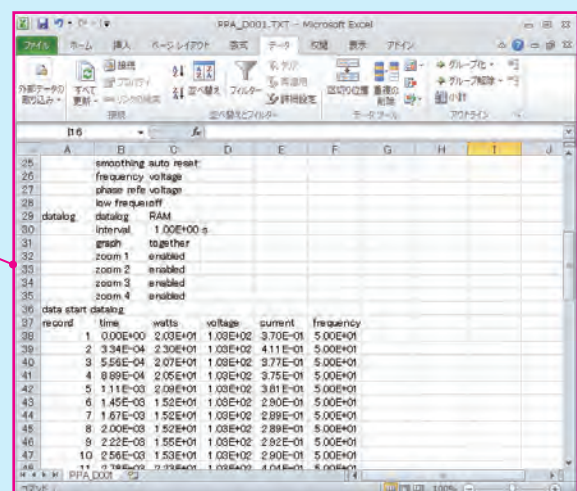


■ Data Logging PPA5500 PPA4500

Utilizing sophisticated frequency detection techniques, synchronization with the fundamental AC waveform is automatically achieved. Datalog intervals can be set from 2ms with measurements saved to a PC or internal memory.



Datalog menu, interval set to 10ms



SPECIFICATION

		PPA4500		PPA5500	
Frequency Range					
		DC,10mHz~2MHz - PPA4500-LC(10Arms), PPA4500(30Arms) DC,10mHz~1MHz - PPA4500-HC(50Arms)		DC,10mHz~2MHz - PPA5500-LC(10Arms), PPA5500(30Arms) DC,10mHz~1MHz - PPA5500-HC(50Arms)	
Voltage Input					
Internal	Range	1Vpk~3000Vpk(1000Vrms) in 8 ranges (240Vrms within 300Vpk range, using 20% overrange)		300mVpk~3000Vpk(1000Vrms) in 9 ranges (240Vrms within 300Vpk range, using 20% overrange)	
	Accuracy	0.03% Rdg+0.04% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+5mV		0.01% Rdg+0.038% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+5mV	
External	Range	1mVpk~3Vpk in 9 ranges [BNC connector 3Vpk max input]		300μVpk~3Vpk in 9 ranges [BNC connector 3Vpk max input]	
	Accuracy	0.03%Rdg+0.04%Rng+(0.004%×kHz Rdg)+3μV		0.01%Rdg+0.038%Rng+(0.004%×kHz Rdg)+3μV	
Current Input					
Internal	10Arms Low Current (PPA5500-LC) 4mm safety connectors	Ranges	10mApk~30Apk(10Arms) in 8 ranges	Ranges	3mApk~30Apk(10Arms) in 9 ranges
		Accuracy	0.03% Rdg+0.04% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+ 30μA	Accuracy	0.01% Rdg+0.038% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+ 30μA
	30Arms Current (PPA5500) 4mm safety connectors	Ranges	100mApk~300Apk(30Arms) in 8 ranges	Ranges	30mApk~300Apk(30Arms) in 9 ranges
		Accuracy	0.03% Rdg+0.04% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+ 300μA	Accuracy	0.01% Rdg+0.038% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+ 300μA
	50Arms High Current (PPA5500-HC) **	Ranges	300mApk~1000Apk(50Arms) in 8 ranges	Ranges	100mApk~1000Apk(50Arms) in 9 ranges
		Accuracy	0.03% Rdg+0.04% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+ 900μA	Accuracy	0.01% Rdg+0.038% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+ 900μA
External input (External shunt Current sensor)	BNC Connector (Max Input 3Vpk)	Ranges	1mVpk~3Vpk in 8 ranges	Ranges	300μVpk~3Vpk in 9 ranges
		Accuracy	0.03% Rdg+0.04% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+ 3μV	Accuracy	0.01% Rdg+0.038% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+ 3μV
Phase Accuracy					
		0.005deg+(0.01deg×kHz) [PPA45/5500-LC(10Arms), PPA45/5500(30Arms)] 0.01deg+(0.02deg×kHz) [PPA45/5500-HC(50Arms)]			
Power Accuracy					
		[0.04%+0.05%/pf+(0.01%×kHz)/pf] Rdg+0.04%VA Rng		[0.03%+0.03%/pf+(0.01%×kHz)/pf] Rdg+0.03%VA Rng	
40-400Hz		[0.03%+0.04%/pf+(0.01%×kHz)/pf] Rdg+0.03%VA Rng		[0.02%+0.03%/pf+(0.01%×kHz)/pf] Rdg+0.02%VA Rng	
General					
Crest Factor	20(Voltage and Current)				
Sample Rate	2.2Ms/s on all channels, No-Gap				
IEC Modes	IEC62301 Standby Power		IEC61000 Harmonics and Flicker, IEC62301 Standby Power		
Application Modes	PWM Motor Drive, Ballast, Inrush, Power Transformer, Standby Power		PWM Motor Drive, Ballast, Inrush, Power Transformer, Standby Power, Fluctuating Harmonics, Flicker Meter, TVF105 Interharmonics		
CMRR - Common Mode Rejection Ratio					
		250V @ 50Hz - ≥ 1mA (150dB) 100V @ 100kHz - ≥ 3mA (130dB)			
Measurement Parameters					
		W ,VA ,Var ,pf ,V & A - rms ,rectified mean ,AC ,DC ,Peak ,Surge ,Crest Factor ,Form Factor ,Star to Delta Voltage, +ve Pk, -ve Pk			
		Frequency (Hz), Phase (deg), Fundamentals, Impedance			
		Harmonics, THD, TIF, THF, TRD, TDD			
		Integrated Values, Datalog, Sum and Neutral values			
Datalog - Up to 4 user selectable measurement functions (30 with optional PC software)					
Datalog Window	No-Gap analysis, Minimum window 10ms		No-Gap analysis, Minimum window 2ms		
Memory	16,000 records		10M records into flash RAM (Non-Volatile)		
Communication Ports					
RS232	Baud rate up to 38.4kbps,RTS/CTS flow control				
LAN	(Option L) 10/100 Base-T Ethernet auto sensing		(Fitted as standard) 10/100 Base-T Ethernet auto sensing		
GPIB	(Option G) IEEE488.2 Compatible		(Fitted as standard) IEEE488.2 Compatible		
USB	USB 2.0 and 1.1 compatible				
Analogue Output	Bipolar ±10V(BNC)				
Speed Input	BNC Bipolar±10V or Pulse count 1Hz to 1MHz 0.01% Rdg				
Torque	BNC Bipolar±10V or Pulse count 1Hz to 1MHz 0.01% Rdg				
Sync	4~6 Phase measurement (Master/Slave)				
Extension	4~6 Phase (Master/Slave) + Auxiliary				
Standard Accessories					
Leads	Power, RS232, USB		Power, RS232, USB, GPIB		
Connection Cables	36A 1.5m long 4mm stackable terminals 1x red, 1x yellow and 2x black per phase (1x red, 1x black with HC version)				
Connection Clips	4mm terminated aligator clips - 1x red, 1x yellow and 2x black per phase (1x red and 1x black per phase with PPA5500-HC version)				
CD-ROM	CommView2 (RS232/USB/LAN), Command line, Script based communication software				
Documents	User manual, Communications manual, Calibration certificate, Quick start guide				
Mechanical/Environmental					
Display	320×240 dot full colour TFT, White LED Backlit				
Dimensions	130H×400W×315D mm excluding feet				
Weight	5.4kg(1 Phase), 6kg(3 Phase)				
Safety Isolation	1000Vrms or DC(CATII), 600Vrms or DC(CATIII)				
Power supply	90~265Vrms, 50~60Hz, 40VAmx				
Operating Conditions	23°C ± 5°C Ambient Temperature (or air intake temperature when rack mounted), 20-90% Non-Condensing Relative Humidity. Temperature coefficient ±0.01% per °C of reading at 5-18°C and 28-40°C				

SPECIFICATION

	PPA4500	PPA5500
Harmonic Specification		
Bandwidth	DC,10mHz ~ 2MHz - PPA4500-LC(10Arms), PPA4500(30Arms) DC,10mHz ~ 1MHz - PPA4500-HC(50Arms)	DC,10mHz ~ 2MHz - PPA5500-LC(10Arms), PPA5500(30Arms) DC,10mHz ~ 1MHz - PPA5500-HC(50Arms)
No. of Harmonics	100	417
Sampling Frequency	2Ms/s	
Signal Processing	DFT (Discreet Fourier Transform)	
Crest Factor	20	
Power Factor	0 to 1	
Harmonic Accuracy		
Voltage	0.03% Rdg+0.04% Rng+(0.004%×kHz)+5mV	0.01% Rdg+0.038% Rng+(0.004%×kHz)+5mV
Current	PPA4500-LC 0.03% Rdg+0.04% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+10uA PPA4500 0.03% Rdg+0.04% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+300uA PPA4500-HC 0.03% Rdg+0.04% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+900uA	PPA5500-LC 0.01% Rdg+0.038% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+10uA PPA5500 0.01% Rdg+0.038% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+300uA PPA5500-HC 0.01% Rdg+0.038% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+900uA
Harmonic Accuracy (above) still applies with Frequency Filter set		
IEC61000 Harmonic Accuracy		
Voltage	-	0.2% Rdg+0.038% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+5mV
Current	-	PPA5500-LC 0.2% Rdg+0.038% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+10uA PPA5500 0.2% Rdg+0.038% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+300uA PPA5500-HC 0.2% Rdg+0.038% Rng+(0.004%×kHz Rdg)+900uA
Cycle by Cycle Analysis direct to PC - 2Ms/s sample rate (Window setting)		
Data Rate	10ms	5ms
Cycle by Cycle Analysis direct to Internal RAM - 2Ms/s sample rate		
Data Rate	10ms	2ms
Voltage Attenuator Overload Capability		
20ms	4.2kVpk (3kVrms)	4.2kVpk (3kVrms)
5s	3.1kVpk (2.2kVrms)	3.1kVpk (2.2kVrms)
Continuous	3kVpk (1kVrms)	3kVpk (1kVrms)
Minimum Current Measurement at Full Accuracy		
PPA5500-LC	45uArms	45uArms
PPA5500	220uArms	220uArms
PPA5500-HC	700uArms	700uArms

ACCESSORIES SUPPLIED AS STANDARD

Leads and Interfacing	
Type	Specification
36A Connection lead set	1.5 Meter - 36A lead set with 4mm stackable safety terminals 1x Red, 1x Yellow and 2x Black per phase plus alligator clips
36A 4mm to spade (Option)	1.5 Meter - 36A lead set with 4mm to spade for HC terminals
RS232 cable	RS232 9pin serial Cable
USB cable	USB 2 Meter A male to B male
USB to 9-pin RS232 (Option)	USB ~ 9-pin RS232 Serial Converter
Master-Slave cable (Option)	Leads for connecting 2x PPA5500 in master/slave mode
GPIO Cable (PPA5500)	GPIO Interface Cable

Documents (Standard)	
Type	Specification
Calibration/Test & Inspection Certificate	PPA Certificate of Calibration
UKAS ISO17025 Certificate	UKAS ISO17025 Certificate of Calibration
Spare set of manuals	User manual Comms manual

Connection and extension port accessories (Optional)	
Type	Specification
Breakout box	Simple analyzer connection between source and DUT
PCIS	10Arms 300Apk rated Phase Controlled Inrush Switch
GPIO Communication Cable	GPIO Communication Cable Option (Port Fitted as standard on PPA5500)

OPTIONAL ACCESSORIES

PC Software (Optional CD, Free to Download)	
Type	Specification
PPALoG	PC control and data acquisition of 1 ~ 12 phases with selectable Real Time data, Graphing, Datalog and versatile export options
PPAcomm	Basic PC Control, Data storage, Print features
PPA Standby Power	Standby power measurements and reporting to IEC62301
PPASoft PC software	LabView based software, PC Control, Data storage and Print
IECSoft	IEC61000 Testing Software

Carry cases (Optional)	
Type	Specification
Soft carrying case	Black nylon with shoulder strap
Hard flight case	Hard case with moulded lining suitable for shipping

PPA Series Hard Carrying Case



Breakout Box



Rack Mount Kit (Optional)	
Type	Specification
Rack Mount brackets	PPA26/5500 19in rack mount brackets (model specific)
Rack Mount panel	PPA2500 19in rack fascia panel

Interface (Optional)	
Type	Specification
PPA-LAN interface	Option L - LAN Interface - (Standard on 55 series)
PPA-GPIB interface	Option G - GPIB(IEEE488)Interface - (Standard on 55 series)

PPA500/1500 MODELS

For more details see separate brochure

Phases	Model	Specification
1 Ph	PPA1510/510*	DC, 10mHz ~ 1MHz 100mApk ~ 300Apk (20Arms)
2 Ph	PPA1520/520*	
3 Ph	PPA1530/530*	
1 Ph	PPA1510/510-HC*	DC, 10mHz ~ 1MHz 300mApk ~ 1000Apk (30Arms)
2 Ph	PPA1520/520-HC*	
3 Ph	PPA1530/530-HC*	

*PPA500 DC, 10mHz ~ 500kHz



PPA1500 3 Phase model



ACCESSORIES

High Performance Voltage Attenuating Probes			
Model	Voltage Range	Frequency Range	Details
TT-HV250	2500Vpk	300MHz	High Voltage Probe (Passive) 2.5kVpk 100:1
TTV-HVP	1500Vpk	50MHz	High Voltage Probe (Passive) 15kVpk 1000:1
ATT10	30Vpk	30MHz	10:1 Voltage Attenuator Box (For use in conjunction with HV Probes when output voltage of probe is >3Vpk, BNC Input/BNC Output)
ATT20	60Vpk	30MHz	20:1 Voltage Attenuator Box (For use in conjunction with HV Probes when output voltage of probe is >3Vpk, BNC Input/BNC Output)
ULCP	3000Vpk	2MHz	1000:1 Ultra Low Capacitance Probe (Active), For use in applications such as Ballast Testing (<1pF Capacitance)



TT-HV250 2.5kVpk Probes



TTV-HVP 15kVpk Probes



ATT10



ULCP

High Performance External Current Measurement Options					
Model Number	Measuring Range	Frequency Range	Basic Accuracy	Phase Accuracy	Details
HF003	3Arms - 30Apk	DC - 2MHz	470mΩ ($\pm 0.1\%$)	0.0001° / kHz	3Arms External Current Shunt, BNC Output (Use with PPA External Input)
HF006	6Arms - 60Apk	DC - 2MHz	100mΩ ($\pm 0.1\%$)	0.001° / kHz	6Arms External Current Shunt, BNC Output (Use with PPA External Input)
HF020	20Arms - 200Apk	DC - 2MHz	10mΩ ($\pm 0.1\%$)	0.01° / kHz	20Arms External Current Shunt, BNC Output (Use with PPA External Input)
HF100	100Arms - 1000Apk	DC - 2MHz	1mΩ ($\pm 0.1\%$)	0.05° / kHz	100Arms External Current Shunt, BNC Output (Use with PPA External Input)
HF200	200Arms - 2000Apk	DC - 2MHz	0.5mΩ ($\pm 0.1\%$)	0.1° / kHz	200Arms External Current Shunt, BNC Output (Use with PPA External Input)
HF500	500Arms - 5000Apk	DC - 2MHz	0.2mΩ ($\pm 0.1\%$)	0.1° / kHz	500Arms External Current Shunt, BNC Output (Use with PPA External Input)



External Shunt HF-003



External Shunt HF-100



External Shunt HF-200



External Shunt HF-500

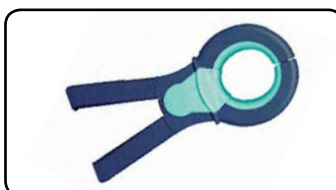
Probe/Current Clamp Transformer: AC						
Model Number	Measuring range	Frequency range	Accuracy	Details	Clamp diameter	Category
M3 UB 50A-1V	100mA ~ 50A	40Hz ~ 5kHz	1%	100mA to 50A AC Current Clamp	15mm×17mm	600V CATIII
M3 U 100A-1V	1A ~ 100A	40Hz ~ 5kHz	1%	1A to 100A AC Current Clamp	15mm×17mm	600V CATIII
S UE 200A-1V	1A ~ 200A	40Hz ~ 5kHz	1%	1 A to 200A AC Current Clamp	50mm ø	600V CATIII
S UE 250 500 1000-1V	1A ~ 250A/500A/1000A	40Hz ~ 5kHz	1%(250A) 0.5%(500+1000A)	1 A to 250/500/1000A AC Current Clamp	50mm ø	600V CATIII
US UE 1000A-1V	1A ~ 1000A	40Hz ~ 5kHz	1%	1A to 1000A AC Current Clamp	43mm ø	600V CATIII
SM UE 1000A-1V	0.5A ~ 1000A(1%>100A)	15Hz ~ 15kHz	1%	0.5A to 1000A AC Current Clamp	54mm ø	600V CATIII
SM UB 1000A-1V	0.5A ~ 1000A(0.5%>10A)	15Hz ~ 15kHz	0.5%	0.5A to 1000A AC Current Clamp	54mm ø	600V CATIII
P32 UE 1000A-1V	5A ~ 1000A	40Hz ~ 5kHz	1%	5 A to 1000A AC Current Clamp	83mm ø (125mm×47mm or 100mm×58mm)	600V CATIII
P32 UE 3000A-1V	5A ~ 3000A	40Hz ~ 5kHz	1%	5 A to 3000A AC Current Clamp	83mm ø	600V CATIII



Current Clamp M3-UB 50A-1V



Current Clamp S-UE 200A-1V



Current Clamp SM-UB 1000A-1V



Current Clamp P32-UE 1000A-1V

Probe / Current Clamp (Hall effect): AC + DC

Model number	Measuring range	Frequency range	Accuracy	Details	Clamp diameter	Category
SC 3C 100A-1V	1A ~ 100A	DC ~ 5kHz	2%	1A to 100A AC+DC Current Clamp	50mm ø	600V CATIII
SC 3C 1000A-1V	1A ~ 1000A	DC ~ 2kHz	1%	1A to 1000A AC+DC Current Clamp	59mm ø	600V CATIII
P20 3C 2000A-2V	40A ~ 1000/2000A	DC ~ 2kHz	1%	40A to 2000A AC+DC Current Clamp	83mm ø	600V CATIII
P40 3C 4000A-2V	40A ~ 2000/4000A	DC ~ 2kHz	1.5%	40A to 4000A AC+DC Current Clamp	83mm ø	600V CATIII
P50 3C 5000A-2V	50A ~ 1000/5000A	DC ~ 2kHz	1.5%	50A to 5000A AC+DC Current Clamp	83mm ø	600V CATIII



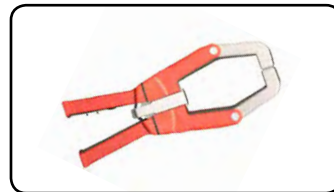
Current Clamp SC 3C 100A-1V



Current Clamp SC 3C 1000A-1V



Current Clamp P20 3C 2000A-2V



Current Clamp P50 3C 5000A-2V

Rogowski Current Transducer: AC / Zero Flux Current Transducer: AC+DC

Model number	Measuring range	Frequency range	Accuracy	Details	Coil/Through Hole Circumference	Category
WR5000 Rogowski	1A ~ 5000A	1Hz ~ 1MHz	0.05%	1A to 5000A AC Rogowski Coil	600mm	600V CATIII
WR10000 Rogowski	1A ~ 10000A	1Hz ~ 1MHz	0.05%	1A to 5000A AC Rogowski Coil	600mm	600V CATIII
Zero Flux Current Transducer	0A ~ 200A	DC ~ 250kHz	0.01%	200A Zero Flux Current Transducer	27.6mm	600V CATIII
Zero Flux Current Transducer	0A ~ 600A	DC ~ 250kHz	0.01%	600A Zero Flux Current Transducer	27.6mm	600V CATIII



WR5000 Rogowski Coil



Danisense DS600

PPA5500 SERIES MODELS

Phases	Model	Specification
1 Ph	PPA5510-LC	DC, 10mHz ~ 2MHz 3mApk ~ 30Apk (10Arms)
2 Ph	PPA5520-LC	
3 Ph	PPA5530-LC	
4 Ph	PPA5540-LC	
5 Ph	PPA5550-LC	
6 Ph	PPA5560-LC	

Phases	Model	Specification
1 Ph	PPA5510	DC, 10mHz ~ 2MHz 30mApk ~ 300Apk (30Arms)
2 Ph	PPA5520	
3 Ph	PPA5530	
4 Ph	PPA5540	
5 Ph	PPA5550	
6 Ph	PPA5560	

Touchproof 50A screw connectors used on PPA5500-HC versions

Phases	Model	Specification
1 Ph	PPA5510-HC	DC, 10mHz ~ 1MHz 100mApk ~ 1000Apk (50Arms)
2 Ph	PPA5520-HC	
3 Ph	PPA5530-HC	
4 Ph	PPA5540-HC	
5 Ph	PPA5550-HC	
6 Ph	PPA5560-HC	

PPA4500 SERIES MODELS

Phases	Model	Specification
1 Ph	PPA4510-LC	DC, 10mHz ~ 2MHz 10mApk ~ 30Apk (10Arms)
2 Ph	PPA4520-LC	
3 Ph	PPA4530-LC	
4 Ph	PPA4540-LC	
5 Ph	PPA4550-LC	
6 Ph	PPA4560-LC	

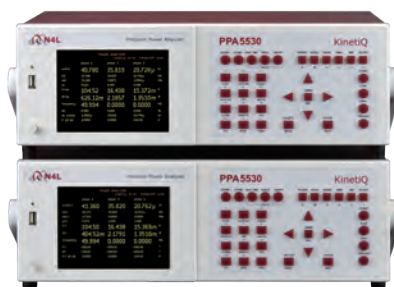
Phases	Model	Specification
1 Ph	PPA4510	DC, 10mHz ~ 2MHz 100mApk ~ 300Apk (30Arms)
2 Ph	PPA4520	
3 Ph	PPA4530	
4 Ph	PPA4540	
5 Ph	PPA4550	
6 Ph	PPA4560	

Touchproof 50A screw connectors used on PPA4500-HC versions

Phases	Model	Specification
1 Ph	PPA4510-HC	DC, 10mHz ~ 1MHz 300mApk ~ 1000Apk (50Arms)
2 Ph	PPA4520-HC	
3 Ph	PPA4530-HC	
4 Ph	PPA4540-HC	
5 Ph	PPA4550-HC	
6 Ph	PPA4560-HC	



PPA5500 3 Phase model



PPA5500 units in Master/Slave mode, synchronised for 4-6 Phase measurements

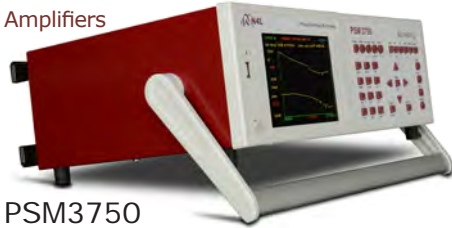
PRODUCT COMPARISON

	PPA500	PPA1500	PPA4500	PPA5500
Basic Accuracy				
V, A rdg error	0.05%	0.05%	0.03%	0.01%
Power rdg error	0.10%	0.10%	0.04%	0.03%
Phase Options				
Internal	1 ~ 3	1 ~ 3	1 ~ 3	1 ~ 3
Master/Slave operation	—	—	4 ~ 6	4 ~ 6
Bandwidth				
20 & 30A Shunt	DC ~ 500kHz	DC ~ 1MHz	—	—
10 & 30A Shunt	—	—	DC ~ 2MHz	DC ~ 2MHz
50A Shunt	—	—	DC ~ 1MHz	DC ~ 1MHz
Voltage Input				
Max input voltage	2500Vpk	2500Vpk	3000Vpk	3000Vpk
No. of ranges	8	8	8	9
Direct Current Input				
10Arms model	—	—	○	○
20Arms model	○	○	—	—
30Arms model	○	○	○	○
50Arms model	—	—	○	○
No. of ranges	8	8	8	9
Features				
Scope and Graph Modes	—	○	○	○
USB Memory port	○	○	○	○
LAN Port	○	○	○	○
GPIO Port	—	—	○	○
RS232 Port	○	○	○	○
Real time clock	○	○	○	○
19in Rack mount option	○	○	○	○
Torque and Speed	—	—	○	○
IEC61000 Mode	—	—	—	○
PWM Motor Drive Mode	—	○	○	○
Oscilloscope	—	○	○	○
Transformer Mode	—	—	○	○
PWM Filter Options	—	2	7	7
Speed/Harmonics/Sec	300/sec	300/sec	600/sec	1800/sec
Internal Datalogging	4 Parameters	4 Parameters	16 Parameters	16 Parameters
Datalog Records	16000	16000	16000	10M
ABD0100.1.8 Mode	—	—	—	○
Internal Memory	192kB	192kB	200MB	1GB
Harmonics	50	50	100	417
Minimum Window Size	10ms	2ms	10ms	2ms
Dimensions - Excl. Feet H x W x D (mm)	92 x 215 x 312	92 x 215 x 312	130 x 400 x 315	130 x 400 x 315
Weight	3.3 - 4kg	3.3 - 4kg	5.4 - 6kg	5.4 - 6kg

— Not Applicable ○ Option ● Standard

All specifications at 23°C ± 5°C . These specifications are quoted in good faith but Newtons4th Ltd reserves the right to amend any specification at any time without notice

The N4L product range also includes Frequency Response and Impedance Analyzers, Selective Level Meters and Laboratory Power Amplifiers



PSM3750
10μHz ~ 50MHz



PSM17xx
10μHz ~ 35MHz

Applications



- Power supply phase margin and gain margin (FRA)
- Inductance, Capacitance and Resistance (LCR)
- Analysis of mechanical vibration (HARM)
- Phase Angle Voltmeter (PAV)

Contact your local N4L Distributor for further details

Newtons4th

Newtons4th Ltd (abbreviated to N4L) was established in 1997 to design, manufacture and support innovative electronic equipment to a world-wide market, specialising in sophisticated test equipment particularly related to phase measurement. The company was founded on the principle of using the latest technology and sophisticated analysis techniques in order to provide our customers with accurate, easy to use instruments at a lower price than has been traditionally associated with these types of measurements. Flexibility in our products and an attitude to providing the solutions that our customers really want has allowed us to develop many innovative functions in our ever increasing product range.



Newtons4th Ltd are ISO9001 registered, the internationally recognised standard for the quality management of businesses



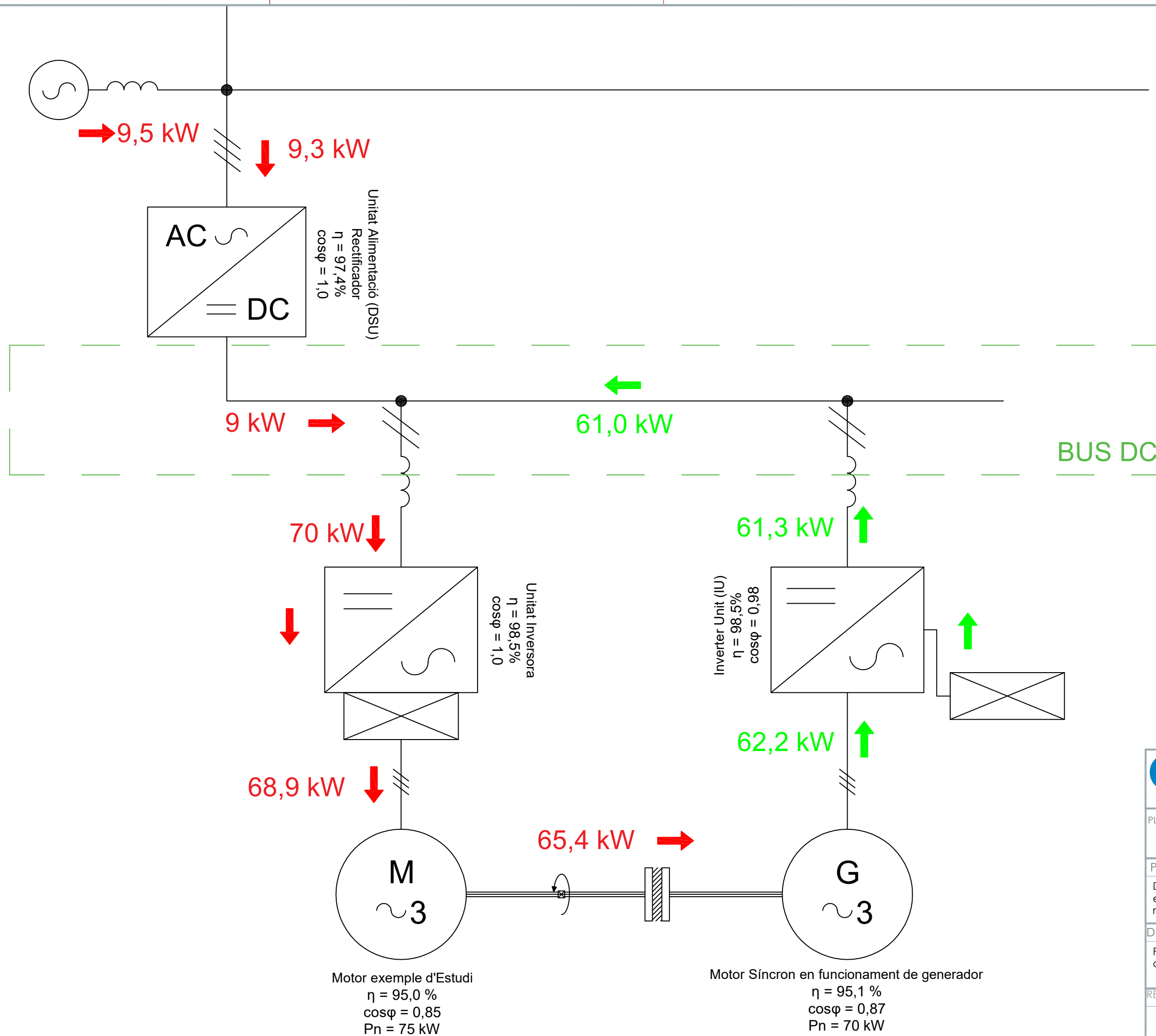
In recognition of the technical innovation and commercial success of the PPA series, N4L received the "Innovation 2010" Queen's award for enterprise

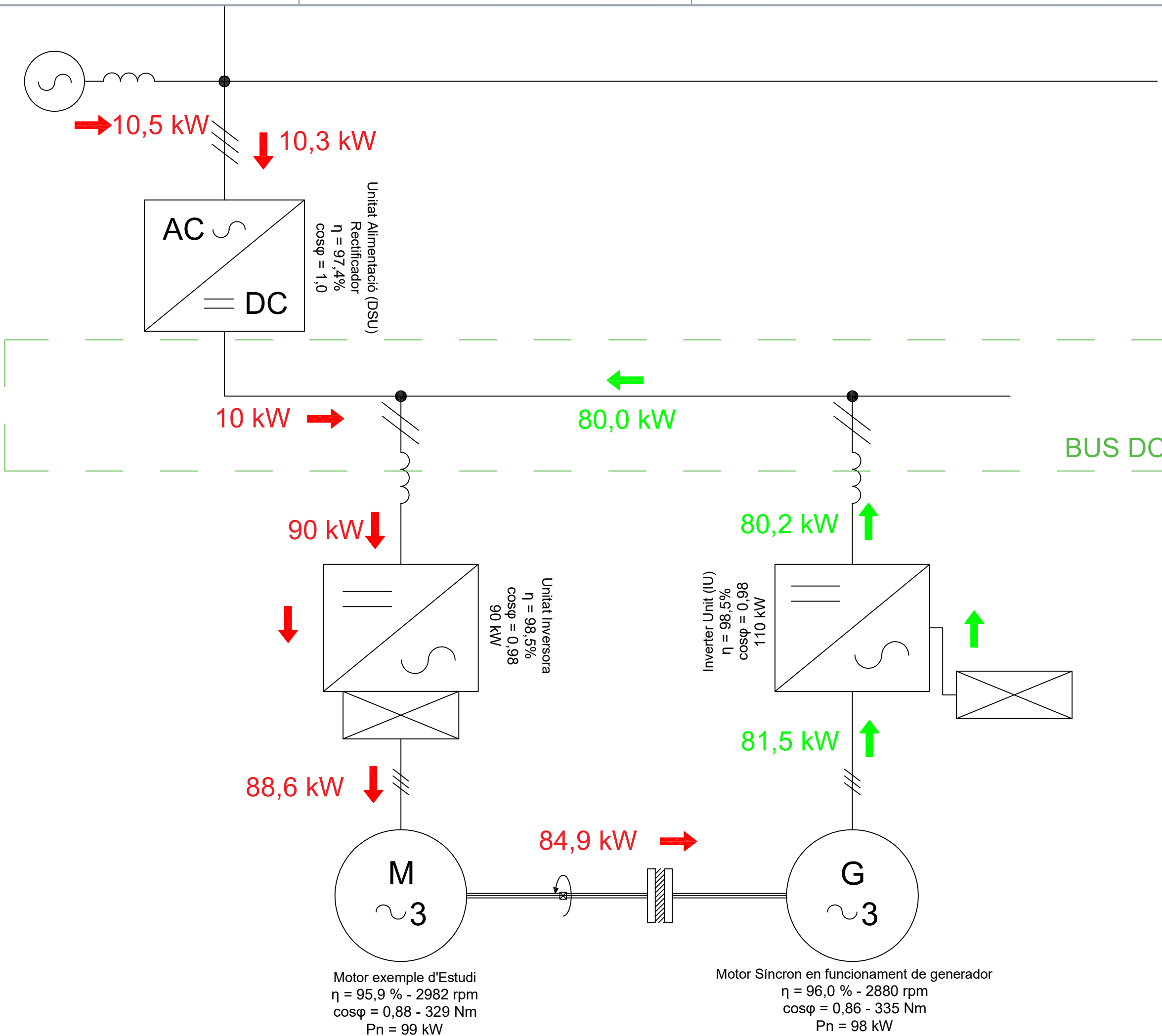
Distributed by:

Newtons4th Ltd
30 Loughborough Road
Mountsorrel
Loughborough
LE12 7AT
UK
Phone: +44 (0)116 230 1066
Fax: +44 (0)116 230 1061
Email: sales@newtons4th.com
Web: www.newtons4th.com

13.3. ANNEX III: PLÀNOLS I ESQUEMES ELÈCTRICS

- **Plànol I:** Flux de Potències del Dimensionament 1
- **Plànol II:** Flux de Potències del Dimensionament 1
- **Plànol III:** Esquema Multifilar complet de la bancada de proves del dimensionament 1
- **Plànol IV:** Esquema intuïtiu de la connexió dels Drives en mòduls
- **Plànol V:** Esquema connexions típic i utilitzat per a unitats inversores ACS880-107
- **Plànol VI:** Acoblament mecànic intuïtiu





UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
 Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Edifici A (EEBE), Campus Diagonal Besòs, Carrer d'Eduard Maristany,
 16, 08930 Barcelona

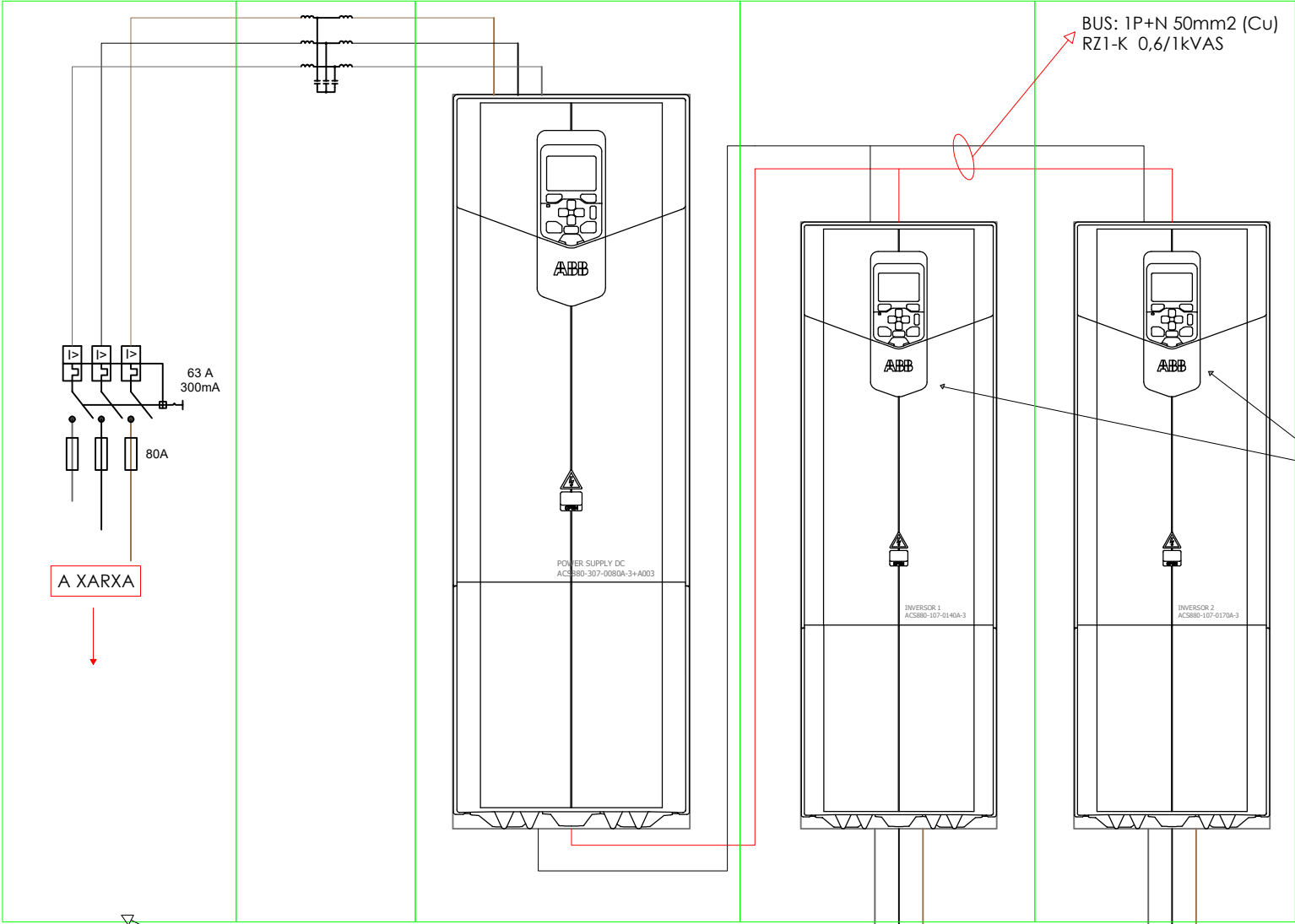
PLÀNOL N°	ESCALA	S/N	DESEMBRE
2	FULL	DINA 3	2017

PROJECTE
 Disseny d'una bancada de motors elèctrics per al seu estudi i assaig amb regeneració elèctrica del consum

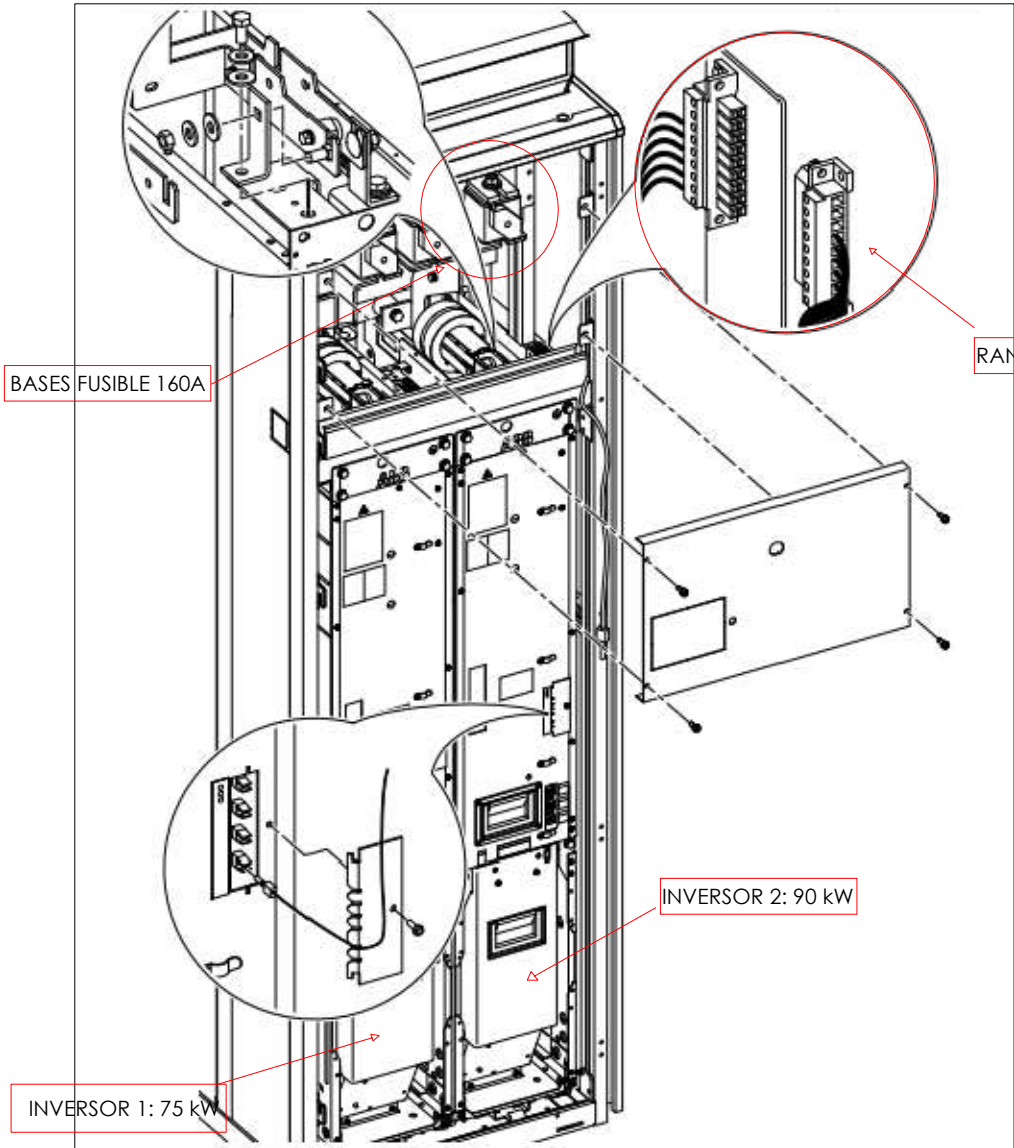
DESCRIPCIÓ
 Flux de Potències del dimensionament 2

REDACTOR

 FRANCESC VAYREDA I CALBÓ
 GRAU EN ENGINYERIA ELÈCTRICA



Comandament remot ACS880
Unitats inversores -107



RANURES CONNEXIÓ INVERSOR

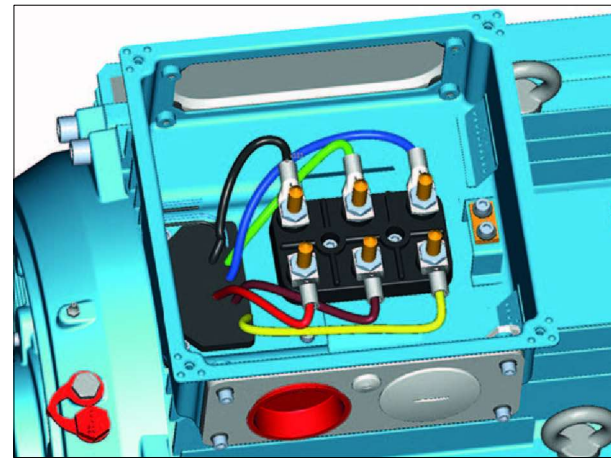
XARXA: 3x35mm² (Cu)
RZ1-K 0,6/1kVAS

INVERSOR 1: 3x50mm² (Cu)
RZ1-K 0,6/1kVAS
INVERSOR 2: 3x70mm² (Cu)
RZ1-K 0,6/1kVAS

PE: 1x16mm² (Cu)
RZ1-K 0,6/1kVAS

INVERSOR 2: 90 kW

INVERSOR 1: 75 kW



TERMINAL BOX
Terminal board for motor sizes
200 to 280

SIEMENS 1PH8184-2-XXF
Pn = 70 kW, 1500 rpm
Síncron PM IE3, $\eta = 95,1 \%$

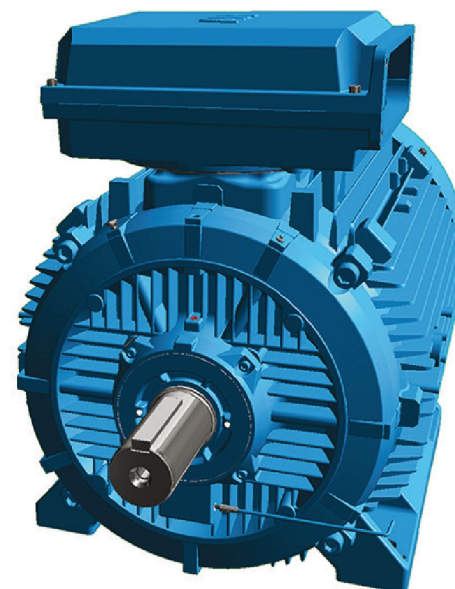
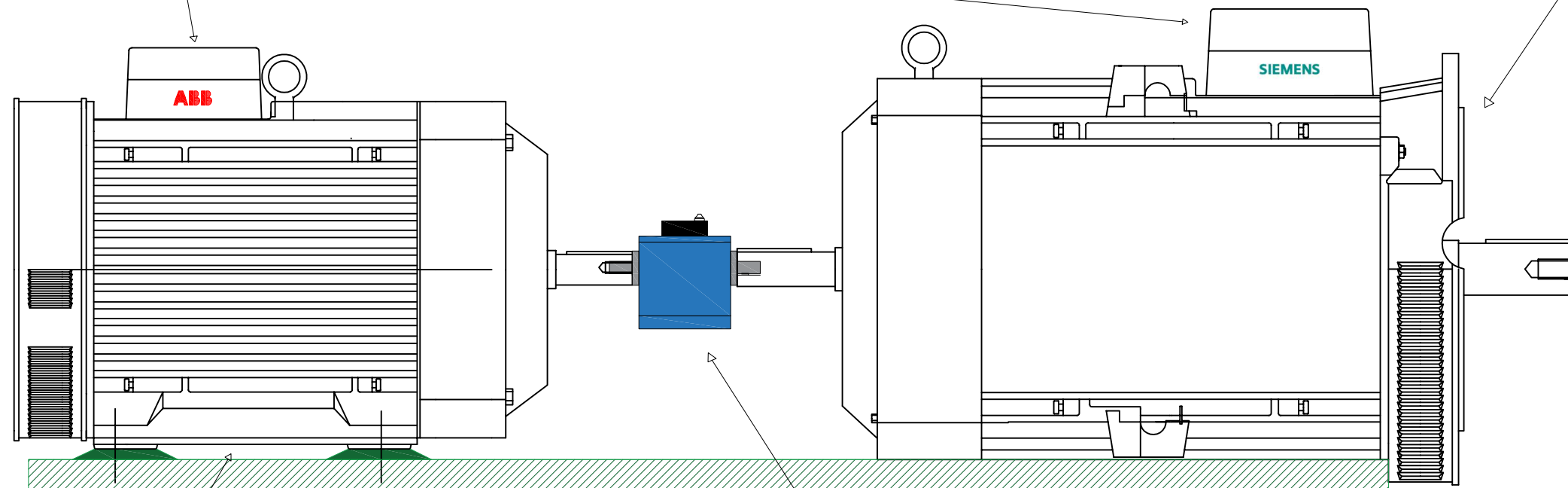


ABB M3BP 280SMA 4
Pn = 75 kW-90kW, 1485-2900 rpm
Asíncron IE3, $\eta = 95,0 - 95,9 \%$



LORENTZ MESSTECHNIK GmbH
DR-2212 M = 500Nm
Wmax = 7000 rpm

PLÀNOL Nº	ESCALA	S/N	DESEMBRE
6	FULL	DINA 3	2017

PROJECTE

Disseny d'una bancada de motors
elèctrics per al seu estudi i assaig amb
regeneració elèctrica del consum

DESCRIPCIÓ

Esquema intuïtiu de connexió dels
motors de forma mecànica

REDACTOR



13.4. ANNEX IV: OFERTA ABB

En el present epígraf es mostra la oferta del conjunt d'accionaments pel primer dimensionament en forma de "Multidrive".

A continuació s'inclou una imatge de la compatibilitat i opcionalitat d'elements auxiliars que es poden demanar per a cada accionament, segons el cas:

1	ACS880-307-0170A-3+A003		
1	Diode supply unit	ACS880-307-0170A-3 (D6D)	3AUA0000111172
1	High speed ethernet 1	FENA-11 High speed ethernet (EtherNet/IP Modbus/TCP PROFINET)	3AUA0000120519
1	Ethernet network	Ethernet cabling for PC tool or control network price per unit	3AUA0000121218
1	ACS880-107-0140A-3		
1	Inverter Unit	ACS880-107-0140A-3 (R6i) limited scope	3AUA0000098992
1	DC switch	For R6i-R7i	3AXD50000028015
1	High speed ethernet 1	FENA-11 High speed ethernet (EtherNet/IP Modbus/TCP PROFINET)	3AUA0000120519
1	Ethernet network	Ethernet cabling for PC tool or control network price per unit	3AUA0000121218
1	Prevention of unexpected start-up	POUS with safety relay (+Q957)	3AUA0000120506
1	Pulse encoder	FEN-31 HTL pulse encoder	3AUA0000120511
1	ACS880-107-0170A-3		
1	Inverter Unit	ACS880-107-0170A-3 (R6i) limited scope	3AUA0000099039
1	DC switch	For R6i-R7i	3AXD50000028015
1	High speed ethernet 1	FENA-11 High speed ethernet (EtherNet/IP Modbus/TCP PROFINET)	3AUA0000120519
1	Ethernet network	Ethernet cabling for PC tool or control network price per unit	3AUA0000121218
1	Prevention of unexpected start-up	POUS with safety relay (+Q957)	3AUA0000120506
1	Pulse encoder	FEN-31 HTL pulse encoder	3AUA0000120511
1	Other Options		
3	EMC Cabinet construction	2nd environment (price / cabinet) (+E210)	3AUA0000120546
1	Packing	Standard packing / m (packing type 1)	3AXD50000029041
3	Panels	Control panel AP-I (max. 4pcs on the door)	3AUA0000120507
1	Project Options		
1	Approval time for dimensional drawings	2 working days	
1	Approval time for circuit diagrams	5 working days	
1	Documentation	Documentation in memory stick or e-mail	3AXD50000029052



Tel +34 93 840 55 45
Fax +34 93 840 57 43



NIF: ESB62267331

Accionaments i Automatismes G6 S.L.
Avda. Sant Julià, 220 nau 26-27 08403-Granollers

Oferta			
Serie	Número	Fecha	Cliente
	32	08/01/2018	000450

Universitat Politècnica de Catalunya
C/ Jordi Girona, 31
08034 BARCELONA

Att. Sr/Sra.: Sr. Francesc Vayreda i Calbó

Su petición referencia

Artículo	Descripción	Unidades	Precio neto unit.	Importe EUR
0000	Multidrive ACS880-307-0170A-3+A003	1,00	29.793,75	29.793,75

Los componentes incluidos en la oferta, estan descritos en el mail adjunto.

Plazo de entrega : Por determinar en el momento del pedido.

Portes : Incluidos hasta sus instalaciones.

Oferta realizada por: David Flores

Este oferta tiene una validez de 30 días.

Los codigos de producto relacionados en esta oferta, pueden variar por cambio de ntros proveedores en el momento del suministro del pedido.

Importe neto

29.793,75

CONDICIONES DE PAGO:

Primera operación contado a la aceptación del pedido.

Siguientes operaciones según ley 15/2010, no superando en ningún caso el plazo de 60 días y sujetas a validación del riesgo financiero.

Base I.V.A.			29.793,75
%	21,00	I.V.A.	6.256,69
Total Euros:			36.050,44